

钱学森科学技术思想研究丛书

钱学森现代军事科学思想

糜振玉　编


科 学 出 版 社

(E-0012.0101)

钱学森科学技术思想研究丛书

钱学森现代军事科学思想

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-029807-2



工程技术分社
电话：010-64023167
E-mail: weiyingjie@mail.sciencep.com

定 价：80.00元

谨以此丛书纪念
钱学森诞辰一百周年

曹刚川 二〇〇八
十一月



钱学森科学技术思想研究丛书

钱学森现代军事科学思想

糜振玉　编

科学出版社
北　京

内 容 简 介

《钱学森现代军事科学思想》以钱学森提出的："要用现代科学技术来研究战争规律，研究战争这门科学，这就形成了现代军事科学"，"实现国防现代化，就要实现军事手段的现代化和军事科学的现代化"的现代军事科学思想作为编写指导思想。

全书分为上下两篇。上篇为钱学森相关现代军事科学的论著和书信，收录了钱学森相关论著19篇，钱学森书信36封。下篇为钱学森现代军事科学思想研究，是由一些曾在钱学森领导下工作过的、与钱学森有过学术交往的、在工作中受钱学森现代军事科学思想教益的一些领导、专家、学者写的学习研究论文，共31篇。内容涉及系统工程与军事系统工程、军事科学与军事科学体系、战略与战役理论、信息化战争与信息化军队、航天事业发展的战略思想、国防科技大学建设思想、科技情报工作现代化等多个领域。

本书可供军事院校、军事科研机构的教学、研究人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

钱学森现代军事科学思想 / 糜振玉编. —北京：科学出版社，2011

（钱学森科学技术思想研究丛书）

ISBN 978-7-03-029807-2

Ⅰ. 钱… Ⅱ. 糜… Ⅲ. 钱学森-军事科学-思想评论 Ⅳ. ①E②K826.16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第250344号

责任编辑：魏英杰 王志欣 / 责任校对：李 影
责任印制：赵 博 / 封面设计：陈 敬

科 学 出 版 社 出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com

双 青 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年1月第 一 版 开本：B5(720×1000)
2011年1月第一次印刷 印张：24
印数：1—2 500 字数：463 000

定价：80.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

《钱学森科学技术思想研究丛书》序

在现代科学技术革命、政治多极化、经济全球化与文化多元化的新形势下，人类面对越来越复杂的世界，我国社会主义现代化建设同样也面对各种各样的复杂性问题。突破还原论，发展整体论，在还原与整体辩证统一的系统论基础上构建现代科学技术体系，探索开放的复杂巨系统理论与方法，并付诸实践，已经成为现代科学技术发展进程中的重大时代课题。

早在 19 世纪末，恩格斯就曾经预言①，随着自然科学系统地研究自然界本身所发生的变化的时候，自然科学将成为关于过程，关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大的整体的联系的科学。1991 年 10 月，钱学森根据现代科学技术发展的新形势，进一步明确指出②："我认为今天的科学技术不仅仅是自然科学工程技术，而是人认识客观世界、改造客观世界整个的知识体系，这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系，而且运用这个科学体系去解决我们中国社会主义建设中的问题。……我在今后的余生中就想促进这件事情。"

在东西方文化互补、融合的基础上，钱学森提出的探索宇宙五观世界观(胀观、宇观、宏观、微观、渺观)、社会主义社会三个文明(物质、政治、精神)与地理建设(生态文明)的体系结构、现代科学技术体系五个层次、十一个大部门的总体思想、开放的复杂巨系统理论、从定性到定量综合集成研讨厅与大成智慧学等，构成了钱学森科学技术思想的核心内涵。可以说，钱学森科学技术思想的核心是对现时代科学技术发展趋势的总体把握，是依据现时代科学技术综合化、整体化的发展方向，对恩格斯关于自然科学正在发展为"一个伟大的整体联系的科学"这一预见的科学论证与深刻阐发，它必将大大推动科学技术的发展，必将成为中国社会主义现代化建设的强大思想武器。因此，深入学习、研究、解读、继承，并大力传播与发展钱学森的科学技术思想，是我们这一代科技工作者不可推卸的历史责任。

钱学森在美国的二十年，潜心研究应用力学、工程控制论和物理力学，参与开拓美国现代火箭技术，成就为世界著名的技术科学家和火箭技术专家；回国后的前二十五年，专心致志地领导、开拓我国导弹、航天事业，成为世界级的航天发展战略家、系统工程理论与实践的开拓者和国家功臣；晚年的钱学森，在马克思主义哲学

---

① 马克思恩格斯选集(4 卷). 2 版. 北京：人民出版社，1995：245.

② 钱学森. 感谢、怀念与心愿. 人民日报，1991-10-17.

的指导下，在科学技术的广阔领域里不懈地探索着，从工程技术走向了科学论，成为具有大识、大德和大功的大成智慧者，具有深厚马克思主义哲学功底的科学大师和思想家。钱学森提出的科学技术思想具有非同寻常的前瞻性和战略意识，对于我国科学技术的发展与社会主义现代化建设是一座无价的思想宝库。我们这些来自不同学术领域的后来者，研究、解读他的创新科学技术思想，是有难度的，在知识域上也是有局限性的。现在呈现在读者面前的《钱学森科学技术思想研究丛书》只是我们学习、研究钱学森科学技术思想的初步成果。我们把本丛书奉献给读者，目的是希望尽我们的微薄之力，进一步推动钱学森科学技术思想的研究工作，诚恳地欢迎社会各界提出不同的意见，并进行广泛的学术交流。

在《钱学森科学技术思想研究丛书》陆续与读者见面的时候，我们衷心地感谢国内相关领域的学者、专家积极主动地参与研讨，尽心尽力地出谋划策，无私地贡献自己的知识和智慧；特别要感谢谢光选、郑哲敏院士和新闻出版总署、科学出版社的领导和同志们，正是他们的大力支持和鼓励，才使本丛书得以在钱学森百年诞辰之际问世。

《钱学森科学技术思想研究丛书》编委会

2010 年 12 月 11 日

前　　言

钱学森是国内外享有崇高声誉的著名科学家。他自 1955 年 10 月克服种种阻挠和困难，毅然决然地返回祖国后的半个世纪里，全身心地投入国防科技事业，倡导并推动现代军事科学的建设，以及对中国诸多科学技术领域的建设与发展，提出许多创新思想与理论，对我国科学技术的发展，作出了卓越的贡献。钱学森是 20 世纪我国科学界唯一被授予"国家杰出科学家"荣誉称号和一级英雄模范奖章的科学家。

20 世纪 80 年代中期，钱学森首次提出"现代军事科学"的命题，他指出："我们要用现代科学技术来研究战争规律，研究战争这门科学，这就形成了现代军事科学。"他还指出："实现国防现代化，就要实现军事手段的现代化和军事科学的现代化。"为此，就要利用现代科学技术的新成果。这个科学技术新成果，钱学森指的就是运筹学、系统工程和电子计算机技术。他为建设和发展现代军事科学，在军队大力倡导和推进军事运筹学和军事系统工程在军事各领域的广泛运用。

要形成现代军事科学，就必然要有与之相适应的科学体系。1984 年 1 月钱学森将"军事科学"作为一个大部门列入他的现代科学技术体系，指出军事科学的最高层次是马克思主义哲学，军事科学到马克思主义哲学的桥梁是军事哲学，分三个层次："基础理论层次是军事学(军事学基础理论)，技术理论层次是军事运筹学，应用理论层次是军事系统工程，当然还有其他学问。"钱学森现代军事科学体系的架构，奠定了现代军事科学体系的基础。

在实现国防现代化的实践中，钱学森作为国防科学技术委员会的主要负责人，在技术上组织领导了火箭、导弹、人造卫星的设计、研制和发射、测控，大大促进了国防尖端武器的快速发展，并建立了航天学科群。

钱学森是中国现代军事科学的倡导者，也是身体力行的践行者。

2011 年 12 月 11 日是钱学森 100 周年诞辰。我们怀着无比崇敬和缅怀的心情，编纂了《钱学森现代军事科学思想》一书，作为《钱学森科学技术思想研究丛书》之一，奉献给读者，以纪念这位功勋卓著的科学伟人。

由于收集和选用资料方面存在的不足，加之编者水平所限，本书内容还远不能全面反映钱学森现代军事科学思想及其作出的贡献，还有待今后进一步深入发掘和研究。

书中部分年代较早的文献和资料，体例形式、语言使用习惯、单位量纲表示等，尽量保持了原作风貌，没有按现行习惯和标准规定进行更改，只对部分较为明显的误漏作了补正。

编　者

2010 年 12 月于军事科学院

目　　录

《钱学森科学技术思想研究丛书》序
前言

上篇　钱学森相关现代军事科学的论著和书信

第一章　系统工程与军事系统工程 …… 3
第一节　组织管理的技术——系统工程 …… 3
第二节　一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论 …… 13
第三节　军事系统工程 …… 24
第四节　作战模拟是一门重要科学技术 …… 40
第二章　战略与战役理论 …… 47
第一节　我国今后二三十年战役理论要考虑的几个宏观问题 …… 47
第二节　军事技术装备与战役理论的关系 …… 64
第三节　我国国防经济学所面临的任务 …… 67
第四节　新的历史时期我国的国防建设 …… 76
第三章　信息化战争与信息化军队 …… 79
第一节　钱学森谈信息化战争问题 …… 79
第二节　将中国人民解放军组建成为21世纪的信息化人民军队 …… 81
第三节　在国防科工委首届科技学术交流大会上的书面发言 …… 82
第四章　军事科学与军事科学体系 …… 84
第一节　关于军事科学的结构问题 …… 84
第二节　在"军事系统工程学研究发展20年报告会"上的书面发言 …… 89
第三节　军事科学院王祖训院长拜访钱学森同志座谈记录 …… 90
第四节　在新形势下如何更好地为中央军委做好参谋咨询工作 …… 94
第五节　如何培养科技帅才 …… 95
第五章　科技情报工作现代化 …… 97
第一节　情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响 …… 97
第二节　科技情报工作的科学技术 …… 102
第三节　21世纪的国防科技情报研究 …… 114

第六章　钱学森心系军事科学的书信 …… 116
第一节　科学技术发展与战争形态的转变 …… 116
第二节　军事哲学交流 …… 124
第三节　军事科学学科建设与拓展研究内容 …… 136
第四节　发展国防科技 …… 159

下篇　钱学森现代军事科学思想研究

第七章　军事系统工程思想研究 …… 183
第一节　大力加强军事系统工程和军事运筹学研究，积极迎接世界新军事变革的挑战 …… 183
第二节　爱国主义、创新精神与前瞻性思考 …… 188
第三节　作战模拟方法学在中国 …… 189
第四节　学习钱学森科学思想，推动军事系统工程的发展 …… 194
第五节　钱学森大力促进我军军事运筹与军事系统工程的发展 …… 199
第六节　迎接军事运筹学发展的新阶段 …… 202
第七节　钱学森在军事科学与系统工程领域的卓越贡献 …… 207
第八章　军事系统工程方法与实践 …… 212
第一节　关于军事决策科学化的思考 …… 212
第二节　钱学森系统科学的战略思考与实践 …… 218
第三节　钱学森对作战模拟工作的指导 …… 234
第四节　钱学森的系统思想与战争设计工程 …… 236
第五节　钱学森与作战实验室 …… 241
第六节　战争工程与钱学森系统思想 …… 246
第七节　综合集成技术在空军的若干实践及思考 …… 258
第八节　在海军装备体系论证中对综合集成研讨厅理论的理解与应用 …… 265
第九章　航天事业发展的战略思想 …… 271
第一节　钱学森带领我们走过从导弹到卫星的路 …… 271
第二节　钱学森发展中国航天事业的战略思想 …… 273
第三节　钱学森与航天系统工程 …… 282
第四节　钱学森科学研究的敬业创新精神 …… 290
第十章　军事科学现代化和军事科学体系 …… 296
第一节　钱学森现代军事科学学科建设思想 …… 296
第二节　钱学森对军事科学现代化的创见 …… 310

第三节　钱学森军事理论与人才观…… 318
第十一章　国防科技大学建设思想…… 321
第一节　中国人民有志气，独立自主创七系…… 321
第二节　情牵国防科技大学，培养科学技术帅才…… 322
第三节　钱学森与国防科技大学系统工程学科建设…… 326
第四节　钱学森与原国防科技大学的组建…… 331
第十二章　国防科技思想…… 335
第一节　高瞻远瞩，运筹帷幄，情系中华…… 335
第二节　钱学森系统科学思想与新时期国防科技和武器装备发展…… 340
第三节　钱学森与国防科技…… 345
第四节　钱学森与中国军事高科技…… 351
第五节　钱学森的情报科学技术思想与国防信息体系建设…… 354
后记…… 367

上篇　钱学森相关现代军事科学的论著和书信

第一章　系统工程与军事系统工程

第一节　组织管理的技术——系统工程*

要完成新时期的总任务，在20世纪末实现农业现代化、工业现代化、国防现代化和科学技术现代化，把我国建设成为社会主义的强国，必须大大地提高我国科学技术水平，这是大家所认识了的。中央领导同志多次指出，我们现在不但科学技术水平低，而且组织管理水平也低，后者也影响前者。要解决组织管理水平低的问题，首先要认识这个问题，要认识这个问题的严重性。只有充分认识我们的管理水平低、管理工作存在着混乱的情况，我们才能够切实地总结经验教训，不但要学习和掌握先进的科学技术，而且要学习和掌握合乎科学的先进的组织管理方法。否则，我们就会继续浪费时间、人力和资金，就不能完成我们的宏伟任务。

有了认识只是第一步，还要做两方面的工作：第一个方面是要改革目前我国上层建筑中同生产力发展不相适应的部分，特别要打破小生产的经营思想，按照经济发展的客观规律改革组织管理。我国虽然早已是社会主义国家了，但意识落后于存在，小生产的经营思想还根深蒂固，我们不懂得用大生产的经济规律去组织生产，这就妨碍了生产力的发展。所以提高组织管理水平必须在上层建筑进行必要的改革。

第二个方面是要使用一套组织管理的科学方法。我国在科学的组织管理工作中的先行者是华罗庚教授，他在60年代初期就对“统筹方法”进行了系统的研究，并在大庆油田、黑龙江省林业战线、山西省大同市口泉车站、太原铁路局、太钢，以及一些省市公社和大队的农业生产中，推广应用，取得良好效果，得到毛主席和周总理的赞许和鼓励。我们在这里想就这第二个方面，讲点意见，也就是从总结组织管理的经验，讲讲建立起比较严密的组织管理科学技术体系，以及培养组织管理的科学人才，以此引起大家进一步的讨论，从一个侧面帮助管理水平的提高。

---

* 本节由钱学森、许国志、王寿云联合署名，原载《文汇报》1978年9月27日。

一

现在我们来讲一讲组织管理工作的历史发展情况。先从工程技术方面说起。在历史上，例如作为个体劳动者的一个泥瓦匠，他要造房子，首先要弄到材料，选定一个可行的方案，然后进行建设。他要建造一间什么样的房子，在他动手建造之前，房子的形象已经存在于他的头脑之中。他按照一定的目的来协调他的活动方式和方法，并且随着不断出现的新的情况来修改原来的计划。在整个劳动过程中，他既构想这所房屋的"总体"结构，又从每一个局部来实现房屋的建造；他是管理者也是劳动者，两者是合一的。后来生产进一步发展了，在手工业工场里，出现了以分工为基础的协作。马克思说："许多人在同一生产过程中，或在不同的但互相联系的生产过程中，有计划地一起协同劳动，这种劳动形式叫做协作。"马克思又说："一切规模较大的直接社会劳动或共同劳动，都或多或少地需要指挥，以协调个人的活动，并执行生产总体的运动——不同于这一总体的独立器官的运动——所产生的各种一般职能。一个单独的提琴手是自己指挥自己，一个乐队就需要一个乐队指挥。"① 这是说有了职能的分工，在一切规模较大的工程技术中，都有"总体"，都有"协调"问题，都需要有个指挥来从总体运动的观点协调个人活动。在手工业工场里，这个指挥就是"监工"。后来生产进一步发展，在产业革命后出现的大工业的生产中，这个指挥就是"总工程师"。在制造一部复杂的机器设备时，如果它的一个一个局部构件彼此不协调，相互连不起来，那么，即使这些构件的设计和制造从局部看是很先进的，但这部机器的总体性能还是不合格的。因此必须有个"总设计师"来"抓总"，协调设计工作。

从 20 世纪以来，现代科学技术活动的规模有了很大的扩展，工程技术装置复杂程度不断提高。40 年代，美国研制原子弹的"曼哈顿计划"的参加者有1.5万人；60 年代，美国"阿波罗载人登月计划"的参加者是 42 万人。要指挥规模如此巨大的社会劳动，靠一个"总工程师"或"总设计师"是不可能的。50 年代末 60 年代初，我国为了独立自主、自力更生地发展国防尖端技术，开展了大规模科学技术研究工作，同样碰到了这个问题。总之，问题是怎样在最短时间内，以最少的人力、物力和投资，最有效地利用科学技术最新成就，来完成一项大型的科研、建设任务。问题来了就促使我们变革。

我们把极其复杂的研制对象称为"系统"，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个"系统"本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。例如，研制一种战略核导弹，就是研制由弹体、弹头、发动机、制导、遥测、外弹道测量和发射等分系统组成的一个复杂系统。

① 马克思恩格斯全集（23 卷）. 北京：人民出版社，1971：362，367.

它可能又是由核动力潜艇、战略轰炸机、战略核导弹构成的战略防御武器系统的组成部分。导弹的每一个分系统在更细致的基础上划分为若干装置，如弹头分系统是由引信装置、保险装置和热核装置等组成的；每一个装置还可更细致的分为若干电子和机械构件。在组织研制任务时，一直细分到由每一个技术人员承担的具体工作为止。导弹武器系统是现代最复杂的工程系统之一，要靠成千上万人的大力协同工作才能研制成功。研制这样一种复杂工程系统所面临的基本问题是：怎样把比较笼统的初始研制要求逐步地变为成千上万个研制任务参加者的具体工作，以及怎样把这些工作最终综合成一个技术上合理、经济上合算、研制周期短、能协调运转的实际系统，并使这个系统成为它所从属的更大系统的有效组成部分。这样复杂的总体协调任务不可能靠一个人来完成，因为他不可能精通整个系统涉及的全部专业知识。他也不可能有足够的时间来完成数量惊人的技术协调工作。这就要求以一种组织、一个集体来代替先前的单个指挥者，对这种大规模社会劳动进行协调指挥。在我国国防尖端技术科研部门建立的这种组织就是"总体设计部"（或"总体设计所"）。

总体设计部由熟悉系统各方面专业知识的技术人员组成，并由知识面比较宽广的专家负责领导。总体设计部设计的是系统的"总体"，是系统的"总体方案"，是实现整个系统的"技术途径"。总体设计部一般不承担具体部件的设计，却是整个系统研制工作中必不可少的技术抓总单位。总体设计部把系统作为它所从属的更大系统的组成部分进行研制，对它的所有技术要求都首先从实现这个更大系统技术协调的观点来考虑；总体设计部把系统作为若干分系统有机结合成的整体来设计，对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调的观点来考虑；总体设计部对研制过程中分系统与分系统之间的矛盾、分系统与系统之间的矛盾，都首先从总体协调的需要来选择解决方案，然后留给分系统研制单位或总体设计部自身去实施。总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种科学方法就是"系统工程"（systems engineering）。"系统工程"是组织管理"系统"的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有"系统"都具有普遍意义的科学方法。我国国防尖端技术的实践，已经证明了这一方法的科学性。

正如列宁所说：管理的艺术并不是人们生来就有，而是从经验中得来的。系统工程来源于千百年来人们的生产实践，是点点滴滴经验的总结，是逐步形成的，在近年才上升为比较完整的一门科学战术。

二

除了复杂工程系统的组织管理技术的发展以外，还有另一个领域的发展，大企业的经营管理技术，这在国外也叫"经营科学"（management science），现在

我们来讲讲这方面的发展情况。我们说：系统就是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。这些组成部分称为分系统。虽然有意识地把工厂企业称作为一个系统，现在还不普遍，但使用“系统”这个词却很经常。例如，我们常说某厂的财会系统（管钱的）或某厂的动力系统（管能源的)。就一个工厂而言，任何一个分系统，包括工厂本身这个整系统在内，都由下列六个要素组成。“人”当然是第一要素，其他五个要素分为物和事两类。物包括三个要素：物资（能源、原料、半成品、成品等)，设备（土木建筑、机电设备、工具仪表等）和财（工资、流动资金等)。事包括两个要素：任务指标（上级所下达的任务或与其他单位所订的合约）与信息（数据、图纸、报表、规章、决策等)。从历史上一个个体劳动者泥瓦匠的工作开始，就包含这六个要素。那时人当然是有的，不过是个体；砖瓦孰料便是物资；斧锯瓦刀是设备；钱当然是个因素；任务指标是明确的；信息可能全部都存放在泥瓦匠这个人的头脑中。在现代的大工厂中，还是这六种要素，只不过规模空前地扩大。在工厂这个整系统中，各分系统之间的相互作用和相互依赖的关系，就凭这六个要素的流通而得以体现。

经营管理作为一门科学萌芽于 20 世纪初。可能第一个发现就是今天称之为“工时定额”的这门学问。这是关于工序的，简单地说就是研究在一定的设备和条件下，某一道工序的最合理的加工时间。第二个发明是线条图①，这是有关调度计划的，可以说是后面我们讲的“计划协调技术”(PERT) 的先驱。再后来出现了质量控制，在这里质量不是一个个体部件的属性，而是一个统计概念，是一批同一种部件的属性。可以看到就在这时，数理统计或数学进入了经营管理的领域。这是一件大事，因为数学这个所谓科学的皇后被引进到工厂经营管理这样一种“简单”的事务中。但这些都是 1940 年以前的事，当时人们还没有有意识地认识到工厂是一个系统。最能说明这个问题的是工时定额与线条图。工序是线条图的组成部分，工序与工序之间本来存在着有机联系，但在线条图中没有得到明确的反映，因而线条图没有表达出系统这个概念。只是到了 50 年代，出现了计划协调技术，这种关系才以网络的形式得以表达。网络是某些系统的最形象、最简洁的表达形式，它的成功应用和得到普遍承认，便是系统重要性的一个证明。

1940 年以后，由于工程技术的发展，人们对于系统的一个重要属性——信息反馈，逐渐加深了认识。其实信息反馈这一现象早在蒸汽机的调速器中就出

① 线条图是在计划协调技术出现之前习用的计划编制方法．按照这个方法，横坐标表示时间，用一个一个线条表示一系列任务，线条的起始端对应于任务的开始时间，线条的终止端对应于任务的完成时间，线条长短表示计划进度的长短．线条图有助于表示长期计划，却缺乏表达各项工作之间依赖关系的能力．把线条分割为更细致的事件，再用箭头把它们的依赖关系表现出来，就成为计划协调技术网络图的萌芽．

现。当负荷增加（减少）时，车速就相应地减慢（增快），调速器便因离心力的作用而增大（减小）进汽阀门。负荷的变化这一信息便反馈到进汽应如何增减这一决策中来，从而自动地作出正确的决策。一个工厂由于鼓足干劲，在某一时期中提前完成了任务指标，为了今后能超额完成任务，这一信息应反馈到材料供应等决策之中，这是人所尽知的事实。也许可以说，在工厂中，任何一个决策都或多或少地牵涉某一分系统的信息反馈。信息反馈失灵就会导致管理混乱。当然管理混乱还可能由于其他种种原因。

在一个工厂中，物流是有目共睹，并且受到极大的注意。物流的畅通与否，是管理人员极为关心的事。例如，在一个钢铁联合企业中，原料进入高炉炼成铁水，一部分铸成铁块，一部分运往平炉车间炼成钢水，铸成钢键后，一部分运往钢键库，一部分运往初轧厂的均热工段，均热后进初轧机，然后再分别到各分厂轧制成钢材。在这个主要的物流中，伴随着许许多多的信息流。事实上，均热炉的温度控制就是一个典型的信息反馈。在泥瓦匠的工作中，信息几乎都是无形的，是存放在人的头脑中。随着生产规模的发展，头脑中房屋的形象变成了蓝图，铁匠师傅打铁时看火候的经验演化为均热工段的加热时间表，会计人员计算工资的方法成为计算机的一个程序。工厂的规模越大、越复杂，在这六个要素中，相对来说信息这一要素的增长就越大。生产越自动化，对信息传递的速度和准确度要求就越高。物流的畅通与否在很大程度上依赖信息处理的好坏（包括信息加工、传输、存储、检索，以及各式各样大大小小的决策），因此信息这一因素日益受到重视，成为经营管理科学研究的中心课题之一。目前在我国的许多企业中，连最狭义的信息传递还处于相当落后的状态，要使我国工厂生产管理达到高水平也就不可能了。

人、物资、设备、财、任务和信息这六个要素，都要满足一定的制约。进行经营管理首先要认识这种制约，从而能动地求得在制约下的系统的最优运转。制约分为两大类，一是经济规律的制约，一是技术条件的制约。如在计划协调技术中，物流必须满足技术条件所制约的加工先后顺序。认识这种制约才能画出网络并求得主要矛盾线。主要矛盾线所表达的完工时间又可能成为更大系统中某一工序的最优加工工时。在制约下求得总体最优是企业经营管理的一个重要概念。

通过六个要素，把一个复杂的生产体系组织管理好，需要科学，而这门科学也只是千百年来人们生产实践经验的总结，到 20 世纪初才有了一些具体结果；40 年代之后终于成了一门比较成型的科学，即所谓经营科学。

三

在国外常常把复杂工程系统的工程工作和大企业组织的经营管理工作并为一门科学系统，叫做“运筹学”（operations research）。其实这些概念都是近 30 多

年的实践中发展起来的，当时认识不够深刻，用词也不一定妥当，现在该是总结明确的时候了。

不论复杂的工程还是大企业，以至国家的部门，都可以作为一个体系。组织建立这个体系，经营运转这个体系是一项工程实践，就如水利枢纽、电力网或钢铁联合企业的建设那样，是工程技术。所以应该统统看成是系统工程。当然，也正如我们习惯讲的工程技术又各有专门，如水利工程、机械工程、土木工程、电力工程、电子工程、冶金工程、化学工程等一样，系统工程也还是一个总类名称。因体系性质不同，还可以再分：如工程体系的系统工程（像复杂武器体系的系统工程）叫工程系统工程，生产企业或企业体系的系统工程叫经济系统工程，国家机关的行政办公叫行政系统工程，科学技术研究工作的组织管理叫科学研究系统工程，打仗的组织指挥叫军事系统工程，后勤工作的组织管理叫后勤系统工程等。还可以再以专门工作方面来分，如档案资料的组织管理叫资料库系统工程，控制产品质量的组织管理叫质量保障系统工程等。

系统工程的概念和方法还可以用于更广泛的实践。除了上面讲的比较大的系统之外，设计一项不大的设备也要考虑设备各部件的协调，所以也要用系统工程的概念，因此在现有高等院校的工科专业课中也讲一点系统工程。我们这里说的组织管理科学也是吸取了这些实践经验而发展扩大的。其实再小一点的事也用得上系统工程的思想，如治病，要人、病、证三结合以人为主统筹考虑。这就是说要把人体作为一个复杂的体系，还要把人和环境作为一个复杂体系来考虑。

说到这里，大家也会感到系统工程的概念并不神秘，这是我们自有生产活动以来，已经干了几千年的事。在人类历史上，凡是人们成功地从事比较复杂的工程建设时，就已不自觉地运用了系统工程方法，而且这里面也自然孕育着理论。公元前250年，李冰父子带领四川劳动人民修筑的都江堰，由“鱼嘴”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程这三项工程巧妙结合而成，即使按照今天系统工程的观点，这也是一项杰出的大型工程建设。当然，人类的历史是一个由必然王国向自由王国不断发展的历史，社会劳动规模的日益扩大，使人们日渐自觉地认识到了系统工程方法的必要性和重要性，要求我们对统筹兼顾、全面规划、局部服从全局等原则从朴素自发的应用提高到科学自觉的应用，把它们从日常的经验提高到反映组织管理工作客观规律的科学理论。所谓科学理论就是要把规律用数学的形式表达出来，最后要能上电子计算机去算。这科学理论是系统工程的基础，系统工程则是这门科学理论的具体运用。这门科学理论可以沿用一个已经建立的名词，还叫运筹学，但内容和范围更明确了，它是体系组织管理的实践所总结出来的、有普遍意义的科学理论；但有别于组织管理的具体科学实践——系统工程。从组织管理的实践到运筹学，再到系统工程的实践，完成了实践到理论，再用理论来指导实践的循环。打个比喻，一般常说的工程技术，其基础理论是基础科学，也就是数学、物理、化学、天文学、地学和生物

学，尤其是数学、物理，那么各门系统工程的基础是运筹学，当然还有数学。这样，相当于处理物质运动的物理，运筹学也可以叫做“事理”。

当然，“事理”同数学、物理都充满了辩证法的道理，都是以辩证唯物主义作指导的。这对于我们的同志来说，是比较容易懂得的，但是对于那些长时间以来受形而上学、片面性毒害的资本主义国家的工程、生产以及其他方面的人员来讲，就是最浅显的辩证法都成为从来未听说过的新鲜事，以至把统筹兼顾、协调各方面的矛盾作为好像是系统工程和其理论基础的运筹学所特有，大喊大叫，这当然是不妥当的。但是他们这些人，通过长时间的实践，终于懂得了一些朴素的辩证法，而且运用到实际工作中去了，这又是一件好事。

运筹学的具体内容包括线性规划论①、非线性规划论②、博弈论③、排队论④、搜索论⑤、库存论⑥、决策论⑦等，而且还要根据实际需要进一步发展。这

---

① 线性规划（linear programming）

经营管理工作中，往往碰到如何恰当地运转由人员、设备、材料、资金、时间等因素构成的体系，以便最有效地实现预定工作任务的问题．这一类统筹规划问题用数学语言表达出来，就是在一组约束条件下寻求一个函数（称为目标函数）的极值的问题．如果约束条件表示为线性等式及线性不等式，目标函数表示为线性函数时，就叫线性规划问题．线性规划就是求解这类问题的数学理论和方法．线性规划在财贸计划管理、交通运输管理、工程建设、生产计划安排等方面得到应用．

② 非线性规划（non-linear programming）

如果在所要考虑的数学规划问题中，约束条件或目标函数不全是线性的，就叫非线性规划问题．非线性规划就是求解这类问题的数学理论和方法．工程设计、运筹学、过程控制、经济学等以及其他数学领域的许多定量问题，都可表示为非线性规划问题．

③ 博弈论（game theory）

博弈论是一种数学方法，用来研究对抗性的竞争局势的数学模型，探索最优的对抗策略．在这种竞争局势中，参与对抗的各方都有一定的策略可供选择，并且各方具有相互矛盾的利益．若仅有两方参与，则称为二人对策，若一人之所得即为对方之所失，则称为二人零和对策．二人零和对策和线性规划有密切关系．

④ 排队论（queuing theory）

排队论是一种用来研究公用服务系统工作过程的数学理论和方法．在这个系统中服务对象何时到达以及其占用系统的时间的长短均无从预先确知．这是一种随机聚散现象，通过对每个个别的随机服务现象的统计研究，找出反映这些随机现象平均特性的规律，从而改进服务系统的工作能力．

⑤ 搜索论（search theory）

搜索论是一种数学方法，用来研究在寻找某种对象（如石油、矿物、潜水艇等）的过程中，如何合理地使用搜索手段（如用于搜索的人力、物力、资金和时间），以便取得最好的搜索效果．

⑥ 库存论（inventory theory）

经营管理工作中，为了促进系统的有效运转，往往需要对元件、器材、设备、资金以及其他物资保障条件，保持必要的储备．库存论就是研究在什么时间、以什么数量、从什么供应源来补充这些储备，使得保存库存和补充采购的总费用最少．

⑦ 决策论（decision theory）

决策论是运筹学最新发展的一个重要分支，用在经营管理工作中对系统的状态信息．根据这些信息可能选取的策略以及采取这些策略对系统的状态所产生的后果进行综合研究，以便按照某种衡量准则选择一个最优策略．决策论的数学工具有动态规划、马尔可夫过程等．

新领域还很多，例如可靠性论[①]。当然，作为"事理"，运筹学还是一门年轻的科学，其整个发展也只才30多年，比不上物理学的几百年的历史。因此，运筹学还很不成熟，很不系统。上面所举的运筹学各个分支也只能看做是将来"事理"这门科学的组成材料，还有大量的研究工作要做，使它更加系统、更加严密、更加完整。

系统工程的数学基础，除一般常常说到的数学基础之外，还有统计数学、概率论。控制论，包括大系统理论[②]，也是系统工程的基础。

我们相信用以上所说的概念来建立并发展系统工程、运筹学、数学理论以及其他有关科学这个科学体系，能解决所有组织管理的技术问题。所以我们要搞的系统工程不仅仅是"一门"组织管理的技术，而是各门组织管理的技术的总称。它现在还不完善，但可以逐步完善。

四

系统工程不仅需要科学理论工具，而且需要强有力的运算手段——电子计算机。

对于具有复杂关系的系统工程问题，在使用运筹学方法确定对系统的要求、系统的总指标、系统的总体方案以及系统的使用方法时都需要用电子数字计算机。例如，为了在实际系统研制成功以前拟定与验证系统的总体方案，估计系统各组成部分之间的相互适应性，考察系统在实际的或模拟的外部因素作用下的响应，按照系统工程的方法，总是把与系统有关的数量关系归纳成为反映系统机制和性能的数学方程组，即数学模型，然后在约束条件下求解这个数学方程组，找出答案。这个过程就叫系统的数学模拟，它是用电子数字计算机来实现的。

电子数字计算机还是实施系统工程计划协调的重要工具。1958年美国在北极星导弹研制的计划管理中，首次采用了计划协调技术，把电子计算机用于计划工作，获得显著成功，加快了整个系统的研制进度。1963年，我国在国防尖端技术科研工作中，进行了类似的试验，为在我国大型系统工程的计划工作中推广

---

① 可靠性理论（reliability theory）

在给定的时间区间和规定的运用条件下，一个装置有效地执行其任务的概率，称为装置的可靠性．可靠性理论就是研究可靠性的数单方法，是应用数学的一个重要分支．如何将可靠性较低的元件组成可靠性较高的系统，是可靠性理论的重要课题之一．

② 大系统理论（theory of large scale system）

现代控制理论新近发展的一个重要研究领域，研究的对象是规模庞大、结构复杂的各种工程的或非工程的大系统的自动化问题．诸如综合自动化的钢铁联合企业、全国或大区的铁路自动调度系统、区域电力网的自动调节系统、大规模情报自动检索系统、经济管理系统、环境保护系统等，就是这样的大系统．

应用电子数字计算机作了开创性的尝试。

对于不太复杂的研制任务，采用计划协调技术所需要的算术运算工作量还是人工所能胜任的。但是，对于复杂的研制任务，计算工作量就成为十分突出的问题。由各分系统组成的整个系统包括成千上万项工作任务，处理这种大规模的网络计划就需要电子数字计算机。在系统工程的计划工作中，采用电子计算机的几点好处：一是电子计算机能形成一个高效的数据库，它可以按照计划部门和领导者的需要，把任何一项工作的历史情况和最新进度显示出来；二是通过电子计算机对经常变动的计划进展情况进行快速处理，计划管理人员能够及时掌握整个计划的全面动态，及时发现"短线"和窝工，采取调度措施改变这种状况；三是电子计算机能在短时间内对可能采取的几个调度措施的效果进行计算比较，帮助计划部门确定最合适的调度方案。

因此，我们可以说系统工程的建立是由于现代大规模工农业生产和复杂科学技术体系的需要，而系统工程实践的广泛发展，是由于电子计算机的出现。没有大型电子计算机和各种中、小型电子计算机的配合，尽管有高超的运筹科学理论，系统工程还是无法发展的。这就又一次说明电子计算机的划时代意义，又一次证明电子计算机是一项毛主席所说的技术革命。随着系统工程实践规模的扩展，我们将需要运算能力更大的计算机或计算机体系。我们不会满足于运算速度为每秒 100 万次的机器，我们还要制造每秒运算 1 亿次以及 100 亿次的机器。

五

讲完了系统工程的内容、理论基础及有关的学科，就可以来考虑培养新时期组织管理的专门人才。我国现在已经有不少高等院校开始了这方面的教学，这是很可喜的现象。我们在这里要说的是专门的高等院校，也就是怎样办组织管理方面的专门高等院校。

先从专业的设置说起。系统工程的各个分支就是各门专业，如工程系统工程专业、经济系统工程专业、行政系统工程专业、科研系统工程专业、军事系统工程专业、后勤系统工程专业、资料库系统工程专业以及质量保障系统工程专业等。这也如同一般工程技术有许多门专业一样。

为了打好专业学习的基础，学生要在进入专业学习之前先学专业基础课，如运筹学、电子计算机技术。这两大门课教起来要分几部分来上，因为内容比较

多。其他专业基础课可能有控制论、政治经济学、有关高等数学，如算法论①等。

学生刚入大学的一年至两年自然要学基础课以及外语课和政治课。基础课还是数学、物理和化学，可能内容和比重与一般工程技术的大学有所不同，要做些调整和更动。当然学生在校学习期间都要有适当的体育锻炼和生产劳动。

配合课堂上课，还要有实验室实践和结合专业的实习，包括电子计算机的使用。因为搞系统工程离不开电子计算机，不会用电子计算机的系统工程的毕业生是不可想象的。

以上说的是组织管理学院（或大学）的“工科”，即系统工程课程设计的概要。为了培养更多的组织管理学院或大学的教学人员，为了培养更多组织管理科学的研究人员，这种学院或大学还要设“理科”。“理科”专业就是前面所讲“工科”专业基础课的各门科学。例如，可以称为“事理”的运筹学以及运筹学的几门分支学科，计算数学等。这些“理科”专业的基础课和“工科”的基础课大致相同。至于“理科”各专业的专业基础课自然不同于“工科”的各专业基础课，要另行设计了。当然在这里的课程设计是一个很初步的设想，许多具体细节还要进一步研究，还有许多问题也只能在教学的实践中去解决。我们在前面讲到运筹学本身也有待于系统化，而经过整理，很可能出现一门作为运筹学基础的“事理通论”，它就应该作为一门与数、理、化并列的基础课来教了。

我们设想了这样一种组织管理科学技术的大学，有“工”有“理”，与现行的一般工程科学技术的理工科大学平行的，另一种新的“理工科”高等院校。它的工科是培养从事应用工作的系统工程师，理科是培养从事基础理论研究工作的组织管理科学家。不论理科还是工科都要搞研究工作以不断提高教学质量。我们的组织管理高等院校不但要吸收和培养大批高考合格的知识青年，而且要开办进修班，吸收和培养我国现有的、数量众多而又有一定经验的组织管理干部，用现代化的组织管理科学技术武装他们，更好地发挥他们的才能。吸收组织管理干部进修还可以把他们的实践经验带到院校中来，丰富教学内容和促进组织管理的科学研究。我们不能只办一所这样的高等院校，也不是办几所，而是要办几十所，

---

① 算法论（algorithm theory）

一个计算过程，就是从可变的初始材料导出所求结果的过程．在数学中通常把确定这种过程的准确指令理解为算法．算法论的中心课题之一就是“什么问题可以算法求解？”从而就有所谓可计算性理论．近年来由于组合性问题逐步受到重视，许多这样的组合问题来源于运筹学，于是存在的算法问题可分为两类：一类是目前仅仅存在这样一种算法，它的计算时间随着问题规模的增大至少呈指数关系增长，计算机工作者把这类算法称为非可行的算法；另一类是存在这样算法，它的计算时间只随问题规模的增大呈多项式关系增长，计算机工作者把这类算法称为可行算法．非常有趣的是，在上述第一类问题中，有许多问题至今只找到非可行算法．没有找到可行算法，而又未能证明不存在这种可行算法．这样就又有所谓计算复杂性问题．运筹学中的最佳化问题是计算复杂性研究的一个重要对象．

以至上百所这种新型理工结合的学院和大学。因为我们知道，我们需要的组织管理科学家和系统工程师，其数量和质量都绝不会少于或次于自然科学家和一般工程技术的工程师。

此外，在工科院校也应恢复以前就有的工业企业管理课，使学习各传统工科技术的学生知道一些生产组织管理的知识，便于他们将来同组织管理专业人员合作共事。同样道理，也要考虑在传统理科院校开设组织管理课，使搞自然科学研究的科技人员能更好地同搞科学研究系统工程的人员协同工作。

我们这样干是一种创新。这也使我们想起 100 多年前的事：19 世纪下半叶，当时工业生产后进的美国为了追上先进的西欧资本主义国家，创办了理工科结合的科学技术高等院校，第一所这样的大学可以说是 1861 年建立的麻省理工学院。在 20 世纪 20 年代初，美国为了同一目的又创办了着重培养研究人才的加州理工学院。这些突破传统的院校为美国培养了高质量的科学技术人才，使美国科学技术在 20 世纪中叶达到了世界先进水平。今天为了适应我国实现四个现代化的需要，在我国创办理工科结合的、培养组织管理科学技术人才的新型高等院校，并在其他高等院校设置这方面的课程，那我们一定能后来者居上，使我国组织管理很快地达到世界最先进的水平！

第二节　一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论*

近 20 年来，从具体应用的系统工程开始，逐步发展成为一门新的现代科学技术大部门——系统科学，其理论和应用研究，都已取得了巨大进展①。特别是最近几年，在系统科学中涌现出了一个很大的新领域，这就是最先由马宾同志发起的开放的复杂巨系统的研究。开放的复杂巨系统存在于自然界、人自身以及人类社会，只不过以前人们没有能从这样的观点去认识并研究这类问题。这里专门讨论这一类系统及其方法论。

一、系统的分类

系统科学以系统为研究对象，而系统在自然界和人类社会中是普遍存在的。例如，太阳系是一个系统，人体是一个系统，一个家庭是一个系统，一个工厂企业是一个系统，一个国家也是一个系统等。客观世界存在着各种各样的系统。为了研究上的方便，按着不同的原则可将系统划分为各种不同的类型。例如，按着

* 本节由钱学森、于景元、戴汝为联合署名，原载《自然杂志》1990 年第 1 期。

① 钱学森，等. 论系统工程（增订本）. 长沙：湖南科学技术出版社，1988.

系统的形成和功能是否有人参与，可划分为自然系统和人造系统；太阳系就是自然系统，而工厂企业是人造系统。如果按系统与其环境是否有物质、能量和信息的交换，可将系统划分为开放系统和封闭系统。当然，真正的封闭系统在客观世界中是不存在的，只是为了研究上的方便，有时把一个实际具体系统近似地看成封闭系统。如果按系统状态是否随着时间的变化而变化，可将系统划分为动态系统和静态系统。同样，真正的静态系统在客观世界也是不存在的，只是一种近似描述。如果按系统物理属性的不同，又可将系统划分为物理系统、生物系统、生态环境系统等。按系统中是否包含生命因素，又有生命系统和非生命系统之分等。

以上系统的分类虽然比较直观，但着眼点过分地放在系统的具体内涵，反而失去系统的本质，而这一点在系统科学研究中又是非常重要的。为此，我们提出了以下分类方法①。

根据组成系统的子系统以及子系统种类的多少和它们之间关联关系的复杂程度，可把系统分为简单系统和巨系统两大类。简单系统是指组成系统的子系统数量比较少，它们之间关系自然比较单纯。某些非生命系统，如一台测量仪器，这就是小系统。如果子系统数量相对较多（如几十、上百），如一个工厂，则可称作大系统。不管是小系统还是大系统，研究这类简单系统都可从子系统相互之间的作用出发，直接综合成全系统的运动功能。这可以说是直接的做法，没有什么曲折，顶多在处理大系统时，要借助于大型计算机或巨型计算机。

若子系统数量非常大（如成千上万、上百亿、万亿），则称作巨系统。若巨系统中子系统种类不太多（几种、几十种），且它们之间关联关系又比较简单，就称作简单巨系统，如激光系统。研究处理这类系统当然不能用研究简单小系统和大系统的办法，就连用巨型计算机也不够了，将来也不会有足够大容量的计算机来满足这种研究方式。直接综合的方法不成，人们就想到 20 世纪初统计力学的巨大成就，把亿万个分子组成的巨系统的功能略去细节，用统计方法概括起来。这很成功，是 Prigogine 和 Haken 的贡献，它们各自称为耗散结构理论和协同学。

二、开放的复杂巨系统

如果子系统种类很多并有层次结构，它们之间关联关系又很复杂，这就是复杂巨系统。如果这个系统又是开放的，就称作开放的复杂巨系统。例如，生物体系统、人脑系统、人体系统、地理系统（包括生态系统）、社会系统、星系系统等。这些系统无论在结构、功能、行为还是演化方面都很复杂，以至于到今天，

① 钱学森．哲学研究，1989，10：3.

还有大量的问题，我们并不清楚。如人脑系统，由于人脑的记忆、思维和推理功能以及意识作用，它的输入—输出反应特性极为复杂。人脑可以利用过去的信息（记忆）和未来的信息（推理）以及当时的输入信息和环境作用，作出各种复杂反应。从时间角度看，这种反应可以是实时反应、滞后反应甚至是超前反应；从反应类型看，可能是真反应，也可能是假反应，甚至没有反应。所以，人的行为绝不是什么简单的“条件反射”，它的输入—输出特性随时间而变化。实际上，人脑有 10^{12} 个神经元，还有同样多的胶质细胞，它们之间的相互作用又远比一个电子开关要复杂得多，所以美国 IBM 公司研究所的 Clementi 曾说①，人脑像是由 10^{12} 台每秒运算 10 亿次的巨型计算机关联而成的大计算网络！

再上一个层次，就是以人为子系统主体而构成的系统，而这类系统的子系统还包括由人制造出来具有智能行为的各种机器。对于这类系统，“开放”与“复杂”具有新的更广的含义。这里开放性指系统与外界有能量、信息或物质的交换。说得确切一些：系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息交换；系统中的各子系统通过学习获取知识。由于人的意识作用，子系统之间关系不仅复杂而且随时间及情况有极大的易变性。一个人本身就是一个复杂巨系统，现在又以这种大量的复杂巨系统为子系统而组成一个巨系统——社会。人要认识客观世界，不单靠实践，而且要用人类过去创造出来的精神财富，知识的掌握与利用是个十分突出的问题。什么知识都不用，那就回到一百多万年以前我们的祖先那里去了。人已经创造出巨大的高性能的计算机，还致力于研制出有智能行为的机器，人与这些机器作为系统中的子系统互相配合，和谐地进行工作，这是迄今为止最复杂的系统了。这里不仅以系统中子系统的种类多少来表征系统的复杂性，而且知识起着极其重要的作用。这类系统的复杂性可概括为：系统的子系统间可以有各种方式的通信；子系统的种类多，各有其定性模型；各子系统中的知识表达不同，以各种方式获取知识；系统中子系统的结构随着系统的演变会有变化，所以系统的结构是不断改变的。我们把上述系统叫做开放的特殊复杂巨系统，即通常所说的社会系统。

系统的这种分类，清晰地刻画了系统复杂性的层次，它对系统科学理论和应用研究具有重大意义。从社会系统的最近研究中，也可以看出这一点。研究人这个复杂巨系统可以看做是社会系统的微观研究。在社会系统的宏观研究方面，根据马克思创立的社会形态概念，任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、政治的社会形态、意识的社会形态，可把社会系统划分为三个组成部分，即社会经济系统、社会政治系统和社会意识系统。相应于三种社会形态应有三种文明建设，即物质文明建设（经济形态）、政治文明建设（政治形态）和精神文

① New Scientist，1988：68.

明建设（意识形态）。社会主义文明建设，应是这三种文明建设的协调发展[①]。这一结论无论在理论上还是实践中都有重要意义。从实践角度来看，保证这三种文明建设协调发展的就是社会系统工程。按照系统工程的定义，组织管理社会经济系统的技术，就是经济系统工程；组织管理社会政治系统的技术，就是政治系统工程；组织管理社会意识系统的技术，就是意识系统工程。而社会系统工程则是使这三个子系统之间以及社会系统与其环境之间协调发展的组织管理技术。从我国改革和开放的现实来看，不仅需要经济系统工程，更需要社会系统工程。单纯地进行经济体制改革，不注意另外两个子系统的关联制约作用，经济体制改革难以成功。例如，"官倒"、党内某些腐败现象、社会风气不正等，都对经济体制改革造成了严重影响，以至于不得不来治理经济环境，整顿经济秩序。党的十三届五中全会提出的进一步治理整顿和深化改革，就是社会主义制度的自我完善，是中国社会形态的自我完善。这都说明了单打一的零散改革是不行的。改革需要总体分析、总体设计、总体协调、总体规划，这就是社会系统工程对我国改革和开放的重大现实意义。

从以上列举的开放的复杂巨系统的实例中，可以看到，它们涉及生物学、思维科学、医学、地学、天文学和社会科学理论，所以这是一个很广阔的研究领域。值得指出的是，这些领域的理论本来分布在不同的学科甚至不同的科学技术部门，而且均已有了较长的历史，也都或多或少地用本学科的各自语言涉及开放的复杂巨系统这一思想，如中医理论，但今天却都能概括在开放的复杂巨系统的概念之中，而且更加清晰、更加深刻了。这个事实启发我们，开放的复杂巨系统概念的提出及其理论研究，不仅必将推动这些不同学科理论的发展，而且还为这些理论的沟通开辟了新的令人鼓舞的前景。

三、开放的复杂巨系统的研究方法

开放的复杂巨系统目前还没有形成从微观到宏观的理论，没有从子系统相互作用出发，构建出来统计力学理论。那么有没有研究方法呢？有些人想得比较简单，硬要把处理简单系统或简单巨系统的方法用来处理开放的复杂巨系统。他们没有看到这些理论方法的局限性和应用范围，生搬硬套结果适得其反。例如，运筹学中的对策论，就其理论框架而言，是研究社会系统的很好工具。但对策论今天所达到的水平和取得的成就，远不能处理社会系统的复杂问题。原因在于对策论中已把人的社会性、复杂性、人的心理和行为的不确定性过于简化了，以至于把复杂巨系统问题变成了简单巨系统或简单系统的问题了。同样，把系统动力

---

① 钱学森，孙凯飞，于景元. 社会主义文明的协调发展需要社会主义政治文明建设. 政治学研究，1989，5.

学、自组织理论用到开放的复杂巨系统研究之中，所以不能成功，其原因也在于此。系统动力学创始人 Forrester 自己就提出[①]，对他的方法要慎重，要研究模型的可信度。但是，国内有些人对此却毫不担心，“大胆”使用。

另外，也有人一下子把复杂巨系统的问题上升到哲学高度，空谈系统运动是由子系统决定的，微观决定宏观等。一个很典型的例子就是“宇宙全息统一论”[②]。他们没有看到人对子系统也不能认为完全认识了。子系统内部还有更深更细的子系统。以不全知去论不知，于事何补？甚至错误地提出“部分包含着整体的全部信息”、“部分即整体，整体即部分，二者绝对同一”，这完全是违反客观事实的，也违反了马克思主义哲学。

实践已经证明，现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂巨系统（包括社会系统）的方法，就是定性定量相结合的综合集成方法。这个方法是在以下三个复杂巨系统研究实践的基础上，提炼、概括和抽象出来的。

（1）在社会系统中，由几百个或上千个变量所描述的定性定量相结合的系统工程技术，对社会经济系统的研究和应用。

（2）在人体系统中，把生理学、心理学、西医学、中医和传统医学以及气功、人体特异功能等综合起来的研究。

（3）在地理系统中，用生态系统和环境保护以及区域规划等综合探讨地理科学的工作。

在这些研究和应用中，通常是科学理论、经验知识和专家判断力相结合，提出经验性假设（判断或猜想），而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明，往往是定性的认识，但可用经验性数据和资料以及几十、几百、上千个参数的模型对其确实性进行检测。这些模型也必须建立在经验和对系统的实际理解上，经过定量计算，通过反复对比，最后形成结论。这样的结论就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论，是从定性上升到定量的认识。

综上所述，定性定量相结合的综合集成方法，就其实质而言，是将专家群体（各种有关的专家）、数据和各种信息与计算机技术有机结合起来，把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来。这三者本身也构成了一个系统。这个方法的成功应用，就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势。

---

① Forrester J W. Theory and Application of System Dyncmics. New York: New Times, 1987.

② 王存臻，严春友．宇宙全息统一论．济南：山东人民出版社，1988.

近几年，国外有人提出综合分析方法（meta-analysis）①~④对不同领域的信息进行跨域分析综合，但还不成熟，方法也太简单，而定性定量相结合的综合集成方法却是真正的 meta-synthesis。

四、综合集成方法的实例

我们以社会经济系统工程中“财政补贴、价格、工资综合研究”为例，来说明这个方法及其应用。这个案例是成功的。

1979 年以来，由于实行农副产品收购提价和超购加价政策，提高了农民收入，这部分钱是由国家财政补贴的。但是，当时对销售价格没有作相应调整，结果是随着农业连年丰收，超购加价部分迅速增大，给国家财政带来了沉重的负担，是财政赤字的主要根源。这样就造成了极不正常的经济状态：农业越丰收，财政补贴越多，致使国家财政收入增长速度明显低于国民收入增长速度，财政收入占国民收入的比例逐年下降。

财政补贴产生的这些问题，引起国家的极大重视，有关部门提出，如何利用价格和工资这两个经济杠杆，逐步减少以至取消财政补贴。然而，调整零售商品价格必将影响到人民生活水平，如果伴以工资调整，又涉及财政负担能力、市场平衡、货币发行和储蓄等。这些问题涉及经济系统中生产、消费、流通、分配这四个领域。

财政补贴、价格、工资以及直接和间接有关的各个经济组成部分，是一个互相关联互相制约的具有一定功能的系统。调整价格和工资从而取消财政补贴，实质上就是改变和调节这个系统的关联、制约关系，以使系统具有我们希望的功能，这是系统工程的典型命题。

为了解决这个问题，首先由经济学家、管理专家、系统工程专家等依据他们掌握的科学理论、经验知识和对实际问题的了解，共同对上述系统经济机制（运行机制和管理机制）进行讨论和研究，明确问题的症结所在，对解决问题的途径和方法作出定性判断（经验性假设），并从系统思想和观点把上述问题纳入系统框架，界定系统边界，明确哪些是状态变量、环境变量、控制变量（政策变量）和输出变量（观测变量）。这一步对确定系统建模思想、模型要求和功能具有重要意义。

系统建模是指将一个实际系统的结构、功能、输入—输出关系用数字模型、

---

① Hedges L V, Olk I. Statistical Methods for Meta-Analysis. London: Academic Press, 1985.

② Wolf F M. Meta-analysis: qualitative methods for research synthesis. Sage, 1986.

③ Rosenthal R. Meta-analytic: procedures for social research. Sage, 1984.

④ Light R J, Pillemer D B. Summing Up: The Science of Reviewing Research. Massachusetts: Harvard University Press, 1984.

逻辑模型等描述出来，用对模型的研究来反映对实际系统的研究。建模过程既需要理论方法又需要经验知识，还要有真实的统计数据和有关资料。

有了系统模型，再借助计算机就可以模拟系统和功能，这就是系统仿真。它相当于在实验室内对系统做实验，即系统的实验研究。通过系统仿真可以研究系统在不同输入下的反应、系统的动态特性以及未来行为的预测等，这就是系统分析。在分析的基础上，进行系统优化，优化的目的是要找出为使系统具有我们所希望的功能的最优、次优或满意的政策和策略。

经过以上步骤获得的定量结果，由经济学家、管理专家、系统工程专家共同再分析、讨论和判断，这里包括了理性的、感性的、科学的和经验的知识的相互补充。其结果可能是可信的，也可能是不可信的。在后一种情况下，还要修正模型和调整参数，重复上述工作。这样的重复可能有许多次，直到各方面专家都认为这些结果是可信的，再作出结论和政策建议。这时，既有定性描述，又有数量根据，已不再是开始所作的判断和猜想，而是有足够科学根据的结论。以上各步可用框图表示。如图 1-2-1 所示。

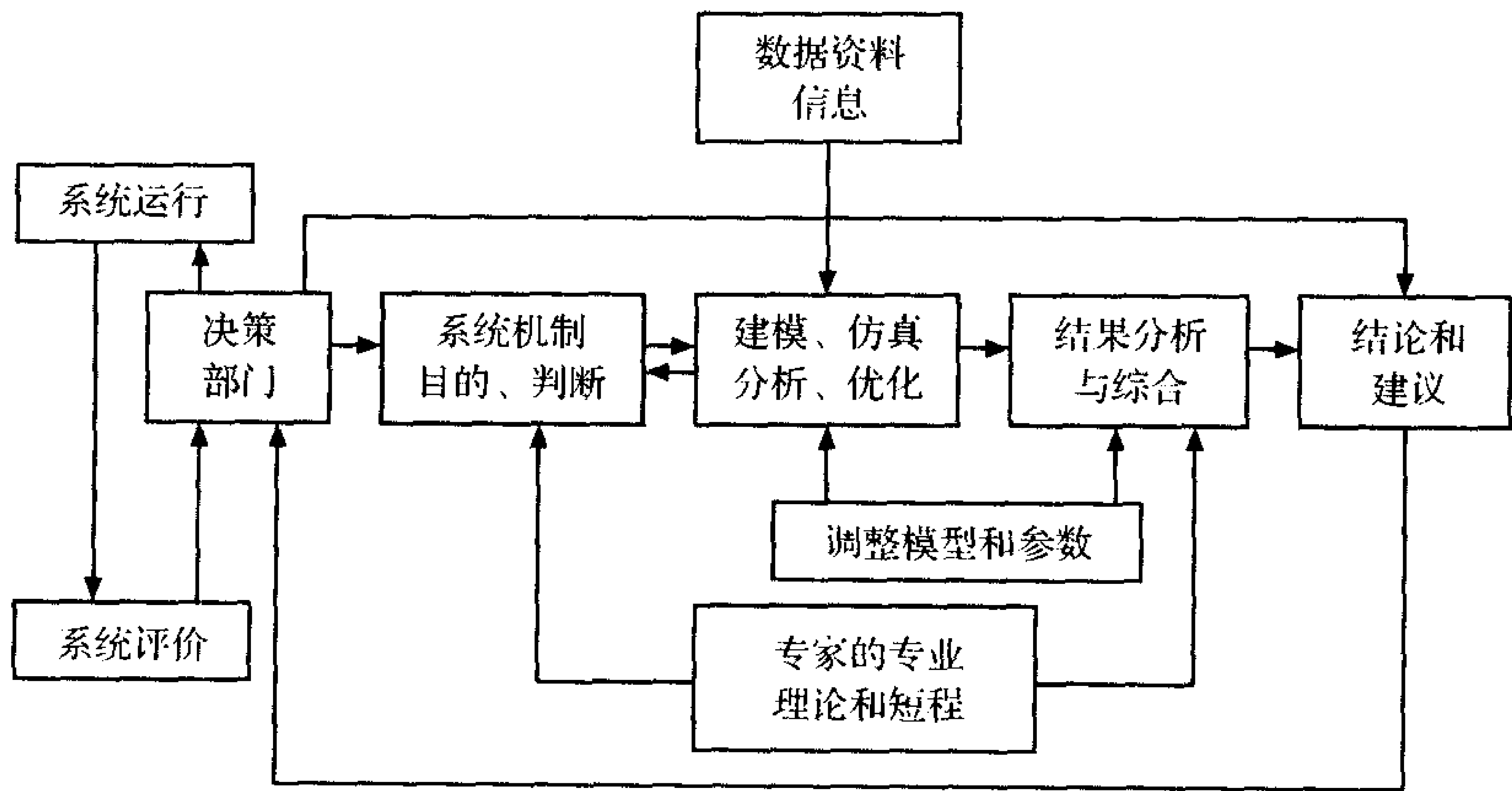


图 1-2-1

五、综合集成还可以用知识工程

如上所述，综合集成方法取得了很好的效果。在解决问题的过程中，专家群体和专家的经验知识起着重要的作用。在以前，如在前面所举的实例中，这一综合的过程还没有使用机器，建立模型也是靠人动脑子思考。现在看，我们还可以进一步，在一个系统中加入知识这一极其重要的因素。这就牵涉知识的表达和知识的处理，实际上就是知识工程的问题了。知识工程是人工智能的一个重要分支，解决问题的办法着眼于合理地组织与使用知识，从而构成知识型的系统。专

家系统就是一种典型的知识型系统。专家的一部分作用可以通过专家系统来实现，所以专家系统也自然是系统中的子系统。进一步分析，在前面关于系统分类的讨论中，开放的特殊复杂巨系统居于最高层次，人作为这种系统中的子系统。人不能脱离社会而存在，随着社会的发展，人类创造各种机器来代替体力劳动与部分脑力劳动，结果具有智能行为的机器必然也是子系统。由人、专家系统及智能机器作为子系统所构成的系统必然是人机交互系统。各子系统互相协调配合，关键之处由人指导、决策，重复、繁重的工作由机器进行。人与机器以各种方便的通信方式，例如自然语言、文字、图形等，进行人机通信，形成一个和谐的系统。

近年来知识工程领域中的一些专家认识到以往忽视理论的错误倾向，已在探讨知识型系统研究的方法论问题。知识工程中的核心问题是知识表达，即如何把各种知识，如书本知识、专门领域有关的知识、经验知识、常识知识等，表示成计算机能接受并能加以处理的形式，这是必须解决的基本问题。知识型的系统与以往的动态系统不同，它的特点是以知识控制的启发式方法求解问题，不是精确的定量处理，因为许多知识是经验性的，难以精确描述。对于知识型系统，不能像以往的一些控制系统那样建立定量的数学模型，而只能采用定性的方法。如果系统中包括一些可以定量描述的部件，那么也必然是采用定性与定量相结合的方法来进行系统综合。已有许多工作是利用定性物理的概念与建模方法来建立定性模型，进而研究定性推理的①。定性建模是一种把深层知识进行编码的方法，关心的只是变化的趋势，例如增加、减少、不变等。定性推理指的是在定性模型上的操作运行，从而得到或预估系统的行为。这里侧重的是结构、行为、功能的描述及它们之间的关系。到目前为止，已有三方面代表性的工作，一是 Xerox 公司的 De Kleer 等从系统的观点出发提出以部件为主（component centered）的模型，认为系统最重要的特性是可合成性，在结构上系统由部件连接而成，系统的行为可由部件的行为推导而得出。他们致力于建立一种能进行解释与预估的定性物理系统。另一是 MIT 计算机科学实验室的 Kuiper 提出以约束为主（constraint centered）的模型。第三是 MIT 人工智能实验室的 Forbus 提出以进程为主（process centered）的模型。他把引起运动和变化的原因等称为进程，致力于建立进程对物理过程影响的理论。知识工程中研究定性建模与推理的动机是研究常识知识，解决常识知识的表达、存储、推理等。很多专家认为定性建模与推理的方法及理论研究很可能是解决利用常识知识的途径。1988 年欧洲人工智能大会把最佳论文奖授予关于定性物理模型和计算模型的论文，说明人们对这方面的研究所抱的希望。

---

① 王珏，崔祺. 中国计算机用户，1989，8：22.

实际上人工智能领域中有许多重要的工作是从系统的角度考虑的。有一种主张把人工智能的研究概括为是对各种定性模型（物理的、感知的、认识的、社会系统的模型）的获取、表达与使用的计算方法进行研究的学问①。这是系统科学观点的反映。当前人工智能领域中综合集成的思想得到重视，计算机统筹制造系统（computer integrated manufacture system，CIMS）的提出与问世就是一个例子。在工业生产中，产品设计与产品制造是两个重要方面，都包括若干个环节，这些环节以现代化技术通过人机交互在进行工作。以往设计与制造是分开各自进行的。现在考虑把两者用人工智能技术有机地联系起来，及时把制造过程中有关产品质量的信息向设计过程反馈，使整个生产灵活有效，又能保证产品的高质量。这种把设计、制造，甚至管理销售统一筹划设计的思想恰恰是开放的复杂巨系统的综合集成思想的体现。

总之，我们把系统的"开放性"和"复杂性"这两个概念拓广之后，对系统的认识就更加深刻，所概括的内容也就更为广泛。这种广泛性是从现代科学技术的发展，尤其是新兴知识工程的发展中抽象概括而得来的，有着坚实的基础与充分的根据。在我们阐明了开放的特殊复杂巨系统属于系统分类中的最高层次之后，实际上就把系统科学与人工智能两大领域明显地加以沟通。这样一来各种以知识为特征的智能型系统，如互相合作的人工智能系统、分布式人工智能系统以及实时智能控制系统等都属于一个统一的、明确的范畴。这就有利于去建立开放的复杂巨系统的理论基础，这是当代科学发展的必然结果。

六、开放的复杂巨系统研究的意义

从以上所述，定性定量相结合的综合集成方法，概括起来具有以下特点：

（1）根据开放的复杂巨系统的复杂机制和变量众多的特点，把定性研究和定量研究有机地结合起来，从多方面的定性认识上升到定量认识。

（2）由于系统的复杂性，要把科学理论和经验知识结合起来，把人对客观事物的星星点点知识综合集中起来，解决问题。

（3）根据系统思想，把多种学科结合起来进行研究。

（4）根据复杂巨系统的层次结构，把宏观研究和微观研究统一起来。

正是上述这些特点，才使这个方法具有解决开放的复杂巨系统中复杂问题的能力，因此它具有重大的意义，以下将着重讲讲这个看法。

现代科学技术探索和研究的对象是整个客观世界，但从不同的角度、不同的观点和不同的方法研究客观世界的不同问题时，现代科学技术产生了不同的科学技术部门。例如，自然科学是从物质运动、物质运动的不同层次、不同层次之间

---

① 戴汝为. 中国计算机用户，1989，8：14.

的关系这个角度来研究客观世界的；社会科学是从研究人类社会发展运动、客观世界对人类发展影响的角度去研究客观世界的；数学科学则是从量和质以及它们互相转换的角度研究客观世界的①……而系统科学是从系统观点，应用系统方法去研究客观世界的。系统科学作为一个科学技术部门，从应用到基础理论研究都是以系统为研究对象的。在宏观世界，我们这个地球上，又产生了生命、生物，出现了人类和人类社会，有了开放的复杂巨系统。而这类系统在宇观世界也是存在的，例如银河星系也是一个开放的复杂巨系统。这样看来，开放的复杂巨系统概念，已经超出了宏观世界而进入了更广阔的天地。因此，开放的复杂巨系统及其研究具有普遍意义。但是，正如前面已经指出的那样，过去的科学理论都不能解决开放的复杂巨系统的问题，这也是有原因的，可以从历史中去找。

大家知道，长期以来不同领域的科学家们早已注意到，在生命系统和非生命系统之间表现出似乎截然不同的规律。非生命系统通常服从热力学第二定律，系统总是自发地趋于平衡态和无序，系统的熵达到极大。系统自发地从有序变到无序，而无序却决不会自发地转变到有序，这就是系统的不可逆性和平衡态的稳定性。但是，生命系统却相反，生物进化、社会发展总是由简单到复杂、由低级到高级越来越有序。这类系统能够自发地形成有序的稳定结构。

两类系统之间的这种矛盾现象，长时间内得不到理论解释，致使有些科学家认为，两类系统各有各自的规律，相互毫不相干。但也有些科学家提出：这种矛盾现象有没有什么内在联系呢？直到20世纪六七十年代，耗散结构理论和协同学的出现，为解决这个问题提供了一个科学的理论框架。这些理论认为，热力学第二定律所揭示的是孤立系统（与环境没有物质和能量的交换）在平衡态和近平衡态（线性非平衡态）条件下的规律。但生命系统通常都是开放系统，并且远离平衡态（非线性非平衡态）。在这种情况下，系统通过与环境进行物质和能量的交换过程成为减熵过程，即出现负熵流，尽管系统内部产生正熵，但总的熵在减少，在达到一定条件时，系统就有可能从原来的无序状态自发地转变为在时间、空间和功能上的有序状态，产生一种新的稳定的有序结构，Prigogine称其为耗散结构。这样，在不违背热力学第二定律的条件下，耗散结构理论沟通了两类系统的内在联系，说明两类系统之间并没有真正严格的界限，表观上的鸿沟，是由相同的系统规律所支配的。所以，Prigogine在其著作中指出，“复杂性不再仅仅属于生物学了，它正在进入物理学领域，似乎已经植根于自然法则之中。”②Haken更进一步指出，一个系统从无序转化为有序的关键并不在于系统是平衡和非平衡，也不在于离平衡态有多远，而是由组成系统的各子系统，在一定条件

① 吴义生．社会主义现代化建设的科学和系统工程．北京：中共中央党校出版社，1987.
② 尼科里斯，普利高津．探索复杂性．成都：四川教育出版社，1986.

下，通过它们之间的非线性作用，互相协同和合作自发产生稳定的有序结构，这就是自组织结构。

现代科学 20 年来的这一成就是十分重要的，它阐明了长期以来困惑着人们的一个谜。但耗散结构理论、协同学的成功，也使得不少人过分乐观，以为这种基于近代科学还原论的定量方法论也可以用到开放的复杂巨系统，这就必然碰壁！

在科学发展的历史上，一切以定量研究为主要方法的科学，曾被称为“精密科学”，而以思辨方法和定性描述为主的科学则被称为“描述科学”。自然科学属于“精密科学”，而社会科学则属于“描述科学”。社会科学是以社会现象为研究对象的科学，社会现象的复杂性使它的定量描述很困难，这可能是它不能成为“精密科学”的主要原因。尽管科学家们为使社会科学由“描述科学”向“精密科学”过渡作出了巨大努力，并已取得了成效，例如在经济科学方面，但整个社会科学体系距“精密科学”还相差甚远。从前面的讨论中可以看到，开放的复杂巨系统及其研究方法实际上是把大量零星分散的定性认识、点滴的知识，甚至群众的意见，都汇集成一个整体结构，达到定量的认识，是从不完整的定性到比较完整的定量，是定性到定量的飞跃。当然一个方面的问题经过这种研究，有了大量积累，又会再一次上升到整个方面的定性认识，达到更高层次的认识，形成又一次认识的飞跃。

德国著名的物理学家普朗克认为：“科学是内在的整体，它被分解为单独的整体不是取决于事物的本身，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理学到化学，通过生物学和人类学到社会学的连续的链条，这是任何一处都不能被打断的链条。”自然科学和社会科学的研究覆盖了这根链条。伟大导师马克思早就预言：“自然科学往后将包括关于人的科学，正像关于人的科学包括自然科学一样：这将是一门科学。”① 我们称这种自然科学与社会科学成为一门科学的过程为自然科学与社会科学的一体化。可以说，开放的复杂巨系统研究及其方法论的建立，为实现马克思这个伟大预言，找到了科学的和现实可行的途径与方法。

在结束这番讨论的时候，我们还要指出：这里提出的定性与定量相结合的综合集成方法，不但是研究处理开放的复杂巨系统的当前唯一可行的方法，而且还可以用来整理千千万万零散的群众意见，人民代表的建议、议案，政协委员的意见、提案和专家的见解，以至个别领导的判断，真正做到“集腋成裘”。特别当我们引用它把零金碎玉变成大器——社会主义建设的方针、政策和发展战略，以至具体计划和计划执行过程的必要调节调整时，就把多年来我们党提出的民主集

① 马克思恩格斯全集（42卷）. 北京：人民出版社，1979.

中原则，科学地、完美地实现了。其意义远远超出科学技术的发展与进步，这是关系到社会主义建设以至实现共产主义理想的大事了。人民群众才是历史的创造者!

第三节 军事系统工程*

现在全党工作的着重点已经转移到四个现代化上来，全党、全军和全国人民正在齐心协力把我国建设成为一个社会主义的现代化强国。恩格斯早就说过："革命将以现代的军事手段和现代的军事学术来与现代的军事手段和现代的军事学术作战。"实现国防现代化，就要实现军事手段的现代化和军事科学的现代化。

毛主席指出："十大军事原则，是根据十年内战、抗日战争、解放战争初期的经验，在反攻时期提出来的，是马列主义普遍真理同中国革命战争实践相结合的产物。运用了十大原则，取得了解放战争、抗美援朝战争的胜利（当然还有其他原因）。十大原则目前还可以用，今后有许多地方还可以用。但马列主义不是停止的，是向前发展的，十大原则也要根据今后战争的实际情况，加以补充和发展，有的可能要修正的。"毛主席把马列主义普遍真理同中国革命战争的实际相结合而形成的中国人民解放军的军事学术思想，当然要随着军事手段的发展而发展，但它是我军事路线和军事战略的出发点，在我军实现现代化的过程中居于主导位置。

我们在这里要讲的不属于这一类非常重要的问题，而是在这些根本性问题解决以后，如何更好地去贯彻执行的问题，也就是技术性问题。讲得具体点，就是利用现代科学技术的新成果来帮助搞好新武器研制、参谋业务、组织指挥、后勤业务和军事学研究的问题。所谓现代科学技术新成果特别是指运筹学的发展和电子计算机的发展。由于这两大发展带来了一大类组织管理技术的迅速成长，也就是各种系统工程①的成立和各方面的应用②。与军事直接有关的一门系统工程是军事系统工程。

战争是由许多部分构成的不可分离的有机整体。在人类全部的社会实践活动中，没有比指导战争更强调全局观念、整体观念，更强调从全局出发、合理地使

---

* 本节是钱学森同志1979年7月24日在中国人民解放军总部机关领导同志学习会上的讲演稿，于1979年8月9日定稿. 在写作中承中国科学院数学研究所和国防科学技术大学许国志同志大力协助，并提供了宝贵意见. 该稿由钱学森、王寿云、柴本良联合署名. 王寿云时任国防科技委员会副秘书长，钱学森同志的秘书. 柴本良时任中国国防科技信息中心研究员.

① 钱学森，许国志，王寿云. 组织管理的技术——系统工程. 文汇报，1978-9-27.

② 钱学森. 科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学. 哲学研究，1979，1. 这里讲了工程技术和技术科学在概念上的区别，说明选用系统工程这个词的理由.

用局部力量，最终求得全局最佳效果的了。这正是系统工程的精华所在，我们沿用“工程”这个词最先出现时所具有的含义，恢复了把执行服务于军事目的的活动称为“工程”①；我们用“军事系统工程”而不用“军事运筹学”② 来表示战争中参谋活动的职能。下面陈述的就是介绍军事系统工程在国外发展的简史和军事系统工程在各方面实际能办的事。我们想通过这一简短的介绍，引起同志们对这项新技术的重视，从而开展这方面的工作，促进我军的现代化。当然我们讲的很可能有错误，也希望同志们指正，好把问题弄清楚。

一

一切技术的建立和迅速发展都需要一定的历史条件，既要有必要，又要有可能。军事系统工程这门技术也不例外，而条件都在第二次世界大战中具备了，所以这时就开始了军事系统工程的发展。我们就首先陈述在英美两国的这段历史。

第二次世界大战前夕，英国面临着如何抵御德国飞机轰炸的问题。当时，德国拥有一支强大的空军，而英国是个岛国，国内任一地点离海岸线都不超过 100 公里，这段距离德国飞机只需飞行 17 分钟。英国要在这 17 分钟内完成预警、起飞、爬高、拦击等动作，这在当时技术条件下是很难完成的。为此，英国的无线电专家沃森-瓦特③研制成了一种新型无线电装置，它能在很远距离探测到来袭飞机。这样，英国防空部队就有时间来做好反空袭工作，使英国飞机能在防空圈外，甚至海上拦击敌机。这种新型无线电装置就是我们现在熟知的雷达。然而在几次防空演习中，雷达装置虽然能探测到 160 公里远的飞机，但是没有一套快速传递、数据处理和信息显示的设备，探测到的信息无法提供给指挥作战人员使用。这个问题终于使英国雷达研究人员认识到，要想成功地拦击敌机，光有探测用的雷达是不够的，还必须研制一套信息的传递、处理与显示设备，配套成龙才能发挥武器系统的威力。这种系统化的要求与概念，促使英国雷达研究单位在 1939 年建立了世界上第一个有组织地、自觉地按照系统的观点、用系统工程方法分析和研究作战使用问题的小组，当时称为作战分析小组，后称运筹学小组。这个小组由一位教授和一位海军军官领导，成员包括三名心理学家、两名应用数学学家、一名天文物理学家、一名普通物理学家、两名数学家、一名陆军军官和一名测量员。有了这个小组在系统分析工作上的贡献，英国防空预警雷达的功能

---

① Engineering（工程）在 18 世纪出现的时候，专指战争兵器的制造和执行服务军事目的的工作.

② Operations Research（运筹学）中的 Operations，本意是战争或演习过程中部队、军舰、飞机等的动作.

③ 罗伯特·沃森-瓦特（1892～1973），1935 年春他在英国东海岸建立了世界第一个试验性雷达系统.

才充分发挥出来。

在第二次世界大战期间，英美两国还在反潜、反空袭、商船护航、布置水雷等项军事行动中使用了系统工程的方法，并取得了良好的效果。

从 20 世纪 50 年代开始，以热核武器和洲际导弹的出现为标志的现代军事手段的发展，促进了军事学术思想和作战方法发生新的变革。60 年代初，美国新任国防部长麦克纳马拉为了改变美国在战略核武器方面落后于苏联的状态，提出著名的“麦克纳马拉战略”，对美国的战略方针、组织机构、预算规划、武器管理进行了系统的改革，并取得了成效。麦克纳马拉用来实现他的思想的一套方法就是军事系统工程。目前美军从事系统工程的专业人员已达 3000 余人 ，此外在私人企业中还有若干家为美军服务的系统工程公司，拥有专业人员约 7000 余人。西欧各国、日本和苏联也很重视和应用军事系统工程。军事系统工程方面的专业机构，已成为现代化军队不可缺少的业务部门了。

二

恩格斯关于作战方式的一个著名论断是：“ 一旦技术上的进步可以用于军事目的并且已经用于军事目的，它们便立刻几乎强制地，而且往往是违反指挥官的意志而引起作战方式的改变甚至变革。”从原始的部落战争出现，一直到整个中世纪，由于技术进步的缓慢，作战方式的演变也是迟缓的。资本主义的兴起加快了技术的发展，17 世纪末叶欧洲资本主义强国相继建立了新式的海军和陆军。新的武器带来了新的作战方法，而新的作战方式提出了训练军事指挥和参谋人员的需要。从 20 世纪开始，机关枪、飞机、坦克、化学和生物战剂、潜艇、无线电通信、雷达、直升机、喷气飞机、惯性导航、电子对抗、核武器、核潜艇、远程导弹、电子计算机、巡航导弹、精确制导武器、航天技术等，一个接一个地出现在军事舞台上，一次又一次地促进了战争的战术形式甚至战略思想的演变。处在这样一种军事技术急速变革的进程中，一个突出的问题是：如何使军队在和平时期紧紧跟上这种变革的步伐，以避免在一次新的战争开始之后，由于不适应作战方式的变化而不得不付出的生命和物质损失。这是各国军队面临的课题，也是我军实现现代化建设所面临的一个研究课题。解决这一课题的途径是：模拟实际战争的实验室演习，它常常要用电子计算机。这是参谋业务的现代化。

战斗模拟，乍听似乎是一个新的概念，但是它并不新，它是图上作业、沙盘作业、实兵演习等自然发展的产物。1811 年，普鲁士国王腓特烈 · 威廉三世的

文职战争顾问冯·莱斯维茨[①]以1：2373的比例制作了一个沙盘模型，代替战棋棋盘玩战争游戏，受到威廉三世的鼓励；又用胶泥制作了一个精巧的战场模型，鲜明地显示出地形特征，用彩色把河流、道路、村庄和树林表示出来，并用小瓷块代表军队和武器，陈列在波茨坦皇宫供作游戏。1816年老莱斯维茨的儿子把这种宫廷游戏变成一种有军事用途的东西，他把作战经验和时间概念引入这种游戏，用这种经验建立起若干规则，然后利用沙盘和地图表演出营、团一级的战斗。1824年，德军总参谋长密福林[②]在视察了利用沙盘、地图进行的对阵表演后说过："这不是游戏，这是名副其实的战术学校，我的责任是把它推荐给整个军队。"普鲁士在1866年对奥地利和1870年对法国的战争中，事先利用沙盘作业和图上作业进行演练，为战争的胜利作出了贡献。因此，从1872年开始的这种当时人们称之为"战戏"[③]的沙盘地图对阵，连同总参谋部组织、军事学院就成为普鲁士军队成功的三个因素，并逐渐为各国所仿效。沙盘地图对阵从此在军事领域牢固地建立起来了。

所谓沙盘地图对阵，就是在以沙盘、地图表示地形地貌，以标识器表示军队和武器配置的战场模型上，利用反映实战条件约束的若干行动规则，交战双方指挥官和参谋人员以下棋方式进行策略运筹的对抗。在19世纪末和20世纪初，沙盘地图对阵主要用于军事训练。第一次世界大战时在东普鲁士战线，发生了军事历史上的一个有意义的事件。1914年8月，俄国苏霍姆利诺夫[④]将军指挥两个集团军数十万军队向东普鲁士进军。德军总参谋部用沙盘地图对阵研究了俄军进攻的态势，发现俄国第二集团军的行动对于实现两个集团军的会合来说太迟缓了。他们抓住俄军作战计划的这一弱点，制订了一个以德军前总参谋长施里芬[⑤]命名的作战计划，决定在两支俄国军队尚被马祖里湖[⑥]分隔开的情况下发起反击，结果以劣势兵力在茵斯特堡[⑦]大败俄军，迫使俄国第二方面军司令官萨姆索诺夫[⑧]

---

① 18世纪出现的一些秘传的战争对策游戏在19世纪初被拿破仑战争所中断，是 von Reisswitz 复兴了这种游戏并使它职业化.

② 弗里德里希·冯·密福林（1775～1851），普鲁士元帅，历任总参谋长（1820），柏林卫戍司令（1838），枢密院院长（1841）.

③ 德文是 kriegsspiel，意为战争游戏，是普鲁士军队最早采用的对策模拟方法.

④ 弗拉基米尔·亚历山德洛维奇·苏霍姆利诺夫（1848～1926），沙俄将军，历任基辅军区司令（1904），总参谋长（1908），陆军部长（1909～1915）.

⑤ 阿尔弗雷德·冯·施里芬（1833～1913），德国著名的军事思想家和战略家，1891～1906年期间任德军总参谋长.

⑥ 马祖里湖位于波兰马祖里城附近，第一次世界大战时属东普鲁士.

⑦ 茵斯特堡位于仆列哥利亚河畔，第一次世界大战时属东普鲁士，现名切尔尼亚霍夫斯克，属苏联（1979）.

⑧ 亚历山大·华西里耶维奇·萨姆索诺夫（1859～1914），沙俄将军，历任华沙军区参谋长（1906），第二集团军司令官（1914）.

自杀。俄军作战计划这一致命缺陷，本来在 1914 年 4 月俄军总参谋部的沙盘地图对阵中已有暴露，却未引起注意，结果酿成了俄军的失败。

在现代军事历史上，德国和日本运用沙盘地图对阵拟制和检验作战计划所取得的成果是很突出的。德国在第二次世界大战前夕和大战过程中，把沙盘地图对阵作为开始一项作战行动的正规程序，几乎所有的大规模作战计划，如闪击法国的计划，进军英国本土的"海狮作战计划"，以及进攻苏联的"巴巴罗萨"计划，在其拟制过程中都进行沙盘地图对阵。日本在第二次世界大战期间，也用沙盘地图对阵编制和检验作战计划，并进行试演，这些计划包括攻占印度支那、偷袭珍珠港、占领菲律宾、香港、新加坡、马来西亚、缅甸、荷属东印度群岛、所罗门群岛等。第二次世界大战过程中，英国、美国应用沙盘地图对阵也取得了重要成就。

第二次世界大战时期的沙盘地图对阵，虽已用到了一些统计学和概率论的知识，但主要还是靠军事经验，艺术的成分多于科学技术。从 20 世纪 50 年代开始，由于新的数学方法和电子计算机在沙盘地图对阵中的应用，大大改变了作战模拟方法的面貌：1952 年，美国科学家把处理随机因素的蒙特-卡洛方法①应用于设计沙盘地图对阵。按照这种方法，随机因素在一次实际战斗中的作用，是由一种所谓"随机数"来扮演的。随机数可以由种种不同的方法产生，最简单的是掷骰子，也可以旋转轮盘赌式的转盘，或从一组纸牌中任取一张牌，或者从一张随机数表②中取一个数。如果事先通过统计方法知道了某一偶然性事件的概率分布，就可选择合适的随机数发生方法来进行模拟。例如，某一作战地区在某一时间区间下雨的概率是 25%，那么就可抽出一张梅花纸牌代表下雨，抽出其他花色纸牌表示天晴。偶然性事件的后果是采用随机抽样过程来确定的，过程的多次重复即模拟出可能战斗结局的概率分布。

克劳塞维茨说过："战争是充满偶然性的领域。人类的任何活动都不像战争那样给偶然性这个不速之客留有这样广阔的活动天地，因为没有一种活动像战争这样从各方面和偶然性经常接触。偶然性会增加各种情况的不确实性，并扰乱事件的进程。"战争在人类各种活动中最近似博弈。战斗进程不仅要受战区的天气、一次射击的效果、一个士兵在阵地上暴露情况等机遇因素的影响，而且更要受双方司令官选择策略的不确定性的影响。数学家在 19 世纪就系统地研究了关于机遇的数学理论，概率论就是一个产物，并在第二次世界大战期间的沙盘地图对阵中有所应用。数学家们关于策略选择的数学理论的研究是从 1921 年开始的。

---

① Monte-Carlo 是法国和意大利交界附近摩纳哥公国的著名赌场.

② 按照随机方式把十进制数字（0、1、2、3、4、5、6、7、8、9）组合成位数一样的许多数，其中每个十进制数字出现的次序完全是随机的，但出现的机会又都是相同的. 把这些组合成的数排列成表，即称随机数表.

1928年著名数学家冯·诺依曼[①]证明了最小最大定理[②]，建立了策略博弈的基础。1944年，冯·诺依曼和经济学家摩根斯特恩[③]合作发表了《博弈论和经济行为》[④]这一重要著作，把博弈从关于扑克、桥牌、象棋格局的研究发展成为处理竞争性行为的数学方法——博弈论。这类竞争性行为的特征是对立利益的竞争、完全或不完全的情报、最佳对策及其和偶然性的相互作用。博弈论用于处理坦克与坦克之间、军舰与军舰之间、飞机与飞机之间的简单格斗局势的成功，进一步推动着科学家用这种数学方法去处理更为复杂的战斗局势。

战后出现的电子计算机，为更完整地处理包含在战斗过程中的复杂因素开创了广阔的前景。例如，模拟一次战斗，可能有多达成百上千的偶然性事件，如果用蒙特-卡洛方法处理，进行十次以上的循环就需要成千上万的随机数。用人工完成这件工作是十分冗长的过程，很不现实，而用计算机来做就完全可以办到。

从蒙特-卡洛方法、最小最大原理、博弈论、概率论、统计技术、电子计算机等所有这些方面吸取营养，就使得沙盘地图对阵改进了战斗模拟的能力，逐渐成熟为一门技术——战术模拟技术[⑤]。1954年美国首先设计成功的计算机化的战斗模拟模型，是这一转折的标志。

战术模拟技术的类型有：

（1）人工进行的战术模拟[⑥]：利用沙盘、地图、三维地形板、标识器、杀伤率方程以及蒙特-卡洛方法，按照给定的规则和数据条件，对战斗程序进行模拟。交战双方的指挥和参谋人员在分隔的作战室中按照实战方式进行策略运筹，演习裁判在专门的控制室里把双方的一对策略结合成一个局势，并馈送给双方作战室，交战双方再根据这一局势开始新的决策过程，从而推演整个战斗过程。全部计算靠人工进行。

（2）计算机辅助战术模拟[⑦]：在第一类模拟的基础上，利用小型计算机代替人工进行数字计算。

---

① John von Neumann（1903～1957），出生于匈牙利的美籍数学家，对博弈论和计算机理论有重要贡献.

② 如果用非数学语言转述出来，这个定理的意思就是：在交战过程中，双方指挥官要在不完全了解对方采取什么策略的情况下选择自己的策略，每一方所采取的最有利于自己的策略，是假设对方是一个有理智的指挥官，他总是采取了最不利于我方的策略来进行对抗. 按照这一原则选取策略，就可以在多次重复的对策中获得最大的取胜可能性.

③ Oskar Morgenstern，美国普林斯顿大学的经济学教授.

④ Morgenstern O，Von Neumann J. Theory of Games and Economic Behavior. New Jersey：Princeton University Press，1944.

⑤ 战术模拟技术，即蒙特-卡洛战争博弈（Monte-Carlo war game）或随机型战斗模拟（probabilistic battle simulation）.

⑥ manual battle simulations.

⑦ computer-assisted battle simulations.

（3）计算机化战术模拟[①]：在沙盘地图对阵模型的基础上，用计算机语言描述战斗程序，然后用电子计算机进行处理。电子计算机有极高的运算速度，可以把较长时间的战斗过程浓缩到较短时间模拟出来。

（4）军事演习：广义地讲，战术模拟技术还包括实兵进行的野战军事演习。

战术模拟技术实质上提供了一个“作战实验室”，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以启发新的作战思想。战术模拟技术，把系统工程的模型、模拟和最优决策方法引入到军事领域。在漫长的军事历史中，直到19世纪末，作为军事艺术的基础的各种知识都属于经验的领域。

史例和作战资料是军事家用来加工战略战术理论的主要素材。但史料并不完全是战争真实性的完整记录，因为当事人事后的回忆不一定完全，关键的当事人可能遗漏，那些影响战争抉择过程的细节可能在记录中疏忽。而且，实战的条件是不依研究工作的意图去改变的。要在实战条件下去检验战术的每个组成部分的完善程度是有局限的。如同对自然界实际过程的观察资料需要以科学实验资料来补充一样，作战过程的观察资料也需要以作战实验资料来补充。在模拟的可控制的作战条件下进行作战实验，能够对有关兵力与武器装备使用之间的复杂关系获得数量上的深刻了解。作战实验是军事科学研究方法划时代的革新。

20世纪50年代以来，美国、苏联、北大西洋公约组织和以色列，都十分重视战术模拟技术的研究和运用。以色列在历次中东战争的作战概念、战术和计划，甚至1976年7月偷袭乌干达恩德培机场夺回以色列人质的战斗计划，都事先经受过战术模拟技术的严格检验。目前，运用战术模拟技术的作战实验，还处在不断发展成熟的过程中。例如，仅用于训练指挥和参谋人员方面，美国陆军训练和条例司令部现已发展了一百个电子计算机化的战术模拟技术模型，所能模拟的战斗水平，从班、排、连、团、旅、师直至军团。这是军事系统工程的一个重要方面。

三

在我军科研装备管理工作中，存在这样的情况，有时一种新武器系统已进入研制定型阶段，可是对它的使用方式却尚未确定；有时一种新武器系统已经研制完成，却还在争论是否需要这种装备；有时一种新武器系统刚刚交付部队，就发现在战术使用和技术性能方面存在较大缺陷，不得不大大压缩装备生产数量。科

① computerized battle simulations.

研装备管理的这种落后状况，影响着我军现代化建设的步伐。如何改变这种状况，是我军实现现代化所面临的又一个研究课题。

第二次世界大战提供了这样的历史经验：通过周密的研究，可以找到现有武器系统的有效使用方式，使这些武器能在战斗中最大限度地发挥潜力。例如，英国根据当时运筹学分析的结果，仅仅把飞机投放的反潜深水炸弹的爆炸水深调整一下，就把对德国潜水艇的攻击效果提高了两倍。

世界军事历史提供了许多这样的教训：一种新武器系统出现以后，或者由于使用的一方不了解最有效的使用方法而不能充分发挥其作用；或者由于被攻击的一方没有预测到这种武器对作战方式的影响因而缺乏有效对策，不得不付出额外的牺牲。这里，我们通过作战飞机的使用作为例子来说明这个问题。在第一次世界大战爆发时，飞机已问世 11 年，达到了持续飞行 160 公里的能力。但是，在大战初期，交战双方对飞机的军事潜力及其对作战方式带来的影响都没有足够的了解。开初，双方仅仅受 1794 年法军利用载人气球搜集战场情报在比利时的弗勒卢[①]击败普鲁士军队的启发，只把飞机用来侦察敌情。后来，军事领导人才逐渐认识到飞机在战斗中具有比这多得多的用途。德国人用齐柏林飞船空袭英国本土的事件，激起了英法联军想到用飞机轰炸齐柏林飞船基地，从此才开始把飞机用来执行轰炸敌人的任务。双方侦察机有时在空中相遇，飞行员为了自卫开始配备手枪，以便在有利时机能向对方飞机射击，从而出现了最早的空战。为了提高射击效果，双方飞机上配备了机关枪和专门射手，战斗机进行空战成为一种夺取制空权的正式的战斗形式。而把飞机用作地面战斗支援（强击机）和后勤运输（运输机）则是更后一些的事了。

一种新武器开始用于军事目的，并不意味着就找到了最有效的战术运用方法。第一次世界大战中投入空战的飞机是双翼单发动机的螺旋桨飞机，有一个驾驶员和一个射手。这种飞机的发动机有两种安装方式：一种是装在飞机头部，这样机动性较好，缺点是射手用机关枪向正前方射击对方飞机时，有击中自己桨叶的危险；另一种是装在尾都，克服了第一种在射击方面存在的问题，缺点是机动性较差。既要机动性好又要射击方便，后来出现了使用第一种飞机的新方式：射手站在驾驶员前面的座位上，越过飞机上翼面进行射击，但由此引起的问题是射手站在时速 80 余公里的气流中，在飞机进行机动时有被抛出机舱的危险；出现的另一种解决办法是射手坐在驾驶员之后，把机枪架在座位旁边的舱口栏板上，以便向上、向后和向侧面射击，带来的问题是当从后面趋近敌机时，驾驶员必须掉转机头或者与敌机并排飞行才能进行射击。直到 1915 年初，交战双方都认为战斗机的有利射击位置是飞在敌机前面，然后向后射击，这时敌机因为害怕击中

① Flurus 在布鲁塞尔南偏东约 40 公里.

自己的桨叶而不敢射击。但在 1915 年春天的一系列空战中，那些飞在法国战斗机正前方的德国飞行员本以为占有了有利的战术位置，却为突然遭到法国战斗机的猛烈开火而感到惊愕。空战优势为法国人占有，因为法国人设计了一种与螺旋桨联动的偏转板，使机枪能向前方射击而大大减少误伤桨叶的危险。后来，一架法国战斗机因故障被迫在德国防线内降落，德国飞机设计师福克①才从法国人的设计得到启示，并在此基础上进行了改进，法国的射击装置仍存在击中桨叶或者发生跳弹的可能性，德国的改进式样采用了断续齿轮，使螺旋桨的运动与机关枪的发射动作完全同步，保证子弹从桨叶之间穿过。这一改进使战斗机上专门的射手成为多余，驾驶员一个人就能完成操纵飞机、瞄准目标、击发扳机等动作。从这时起，战斗机的最有利射击方式才稳定下来，双座战斗机从空战舞台上消失，而为长机、僚机配合的战术新形式所取代。

新武器系统的设计者一般是从提高或者改善现有武器系统的效率出发，凭借实战经验和自己的判断来进行设计的。因此，新武器系统在交付实战应用以前，它的效能仍然存在许多不确定性，最后的检验完全靠实战。现代武器系统越来越复杂，破坏力越来越强，投资越来越大，研制周期越来越长。在发展现代化武器装备的过程中，为了在研制阶段避免人力、物力和财力的浪费，为了在使用阶段避免因使用性能的缺陷造成不必要的牺牲和物质损失，需要制订一系列的科学方法，对新武器系统的运用必要性、技术可行性、性能指标和使用效率进行论证、评估、预测和检验。从 20 世纪 50 年代起，特别是 60 年代以来，军事技术先进的国家纷纷投入相当可观的研究力量来发展这方面的科学方法，并获得了很大成果。例如，他们都在研究对军用无线电装置干扰和反干扰的电子对抗技术，这是装备设计和使用中的一个大问题。又如，由于红外和激光技术的迅速发展，即将出现“光对抗”这一重要课题。

这方面已经发展的科学方法有两大类型，一是模拟实验技术，二是理论分析方法。属于模拟技术的有：

（1）在武器型号开始研制之前，利用前面讲的战术模拟技术，建立人—武器结合的战术对阵模型，通过模拟，对拟议中的武器系统的作战能力进行测验。如果证明其效用不高，那么严重的浪费和损失就有可能在拟议阶段予以避免。

（2）在武器型号研制过程中，不断用系统模拟方法分析、检验新武器系统内部技术性能，协调各分系统之间的关系和技术指标。

（3）在武器系统研制出来之后，研究新武器系统使用性能的模拟训练方法（如各种飞行模拟器、坦克炮塔训练模拟器等），以加快训练进程、节约消耗和费用，制订有效的使用方法。

---

① Anthony Hermann Gerard Fokker (1890～1939) 德国著名的飞机设计师和制造家.

属于理论分析方法的主要是运筹学的各种计算分析技术。系统地运用上述模拟方法和理论分析方法，就可以做到：根据国家的战略方针和战术原则，针对现有装备在未来的或现实的战争中与对方装备对抗可能出现的问题，利用科学技术的最新成就，提出发展新武器系统的建议；根据国家批准的发展新武器系统的任务，在委托的研制单位对拟议的新系统进行总体方案分析的同时，拟订出新系统的性能要求、技术规格，作为实际设计工作的依据；根据新武器系统运用的战略和战术环境，预测新武器系统对作战方式带来的影响，拟订最优的使用原则。

这就是科学地论证新武器使用方法确定武器系统战术技术指标的技术，是军事系统工程的一个分支。

四

要进行战争和赢得战争，必须有充足的物质准备。恩格斯说过："暴力不是单纯的意志行为"，"没有经济条件和资源，暴力就不成为力量"。自古以来，指导战争的人们都十分重视后勤保障工作。我国古代著名的兵书《孙子兵法》写道："军无辎重则亡，无粮则亡，无委积则亡"。极为明确地说明，一支军队如果没有后勤保障与物资储备，将注定打败仗。因此，组织后勤保障也是一种参谋职能。

在古代，交战双方使用的武器装备十分简陋，各种兵器不外乎是将士随身携带的刀枪棍棒。相形之下，粮草的重要性就十分突出。"兵马未动，粮草先行"，这句话一方面说明粮草在古代战备工作中所占的重要地位，另一方面也说明了当时后勤保障工作的相对单纯性，与现代战争比较，不免有点相形见绌。例如，第二次世界大战中英美组织实施的诺曼底登陆战役，仅准备时间即达半年，他们不仅制造和调集大量船只，筹集了几十万吨的各种作战后勤物资，还专门设计了一种"人造港口"以便在登陆场能停靠大量船舶，快速卸下各种器材。登陆后，他们还立即铺设了穿越英吉利海峡的输油管，从而在不到一个月的时间内，运送了100万军队，56万吨物资和17万辆汽车，保证战役的顺利开展。第二次世界大战期间，美军为了制订一套严密的后勤管理制度，集合了几百名统计学家和其他各类专家，并雇用了大批人员，组织了一支后勤管理队伍，保证了当时后勤计划工作的需要。

现代的武器装备如果没有物资技术保障，就变为废铁，坐等挨打。同时由于现代战争的破坏性、突然性强，各种武器、弹药的消耗量也极大。根据推算，一个摩托化步兵师进攻，日消耗量将达1000吨，一个集团军达8000吨；一个方面军一次战役，仅油料就要消耗30万吨。由于武器装备机械化程度的不断提高，物资消耗的构成也发生了变化，比如美军在越南战争中石油产品消耗量占其物资

总耗量的百分之七十。

后勤物资品种繁多，物资消耗惊人，这仅仅是后勤工作中的一个方面的问题，它要求我们必须做好战时和平时的各类军用物资的生产和储备工作。但是必须看到，仅有物资准备是远远不够的，更重要的是还必须有一套科学的后勤工作的组织、计划与管理方法。由于现代化后勤工作的任务十分繁重，完全依靠人来进行组织、计划与管理工作，就远不能满足要求，必须借助电子计算机，才能完成繁重复杂的计算工作。为了发挥计算机的作用 ，除了必备的各种技术设备（自动化数据处理设备等）外，还必须要有资料信息工作和数学计算工作这两方面的保障。

后勤系统的资料信息工作包括各种军用物资的库存、需求、消耗、运输等方面的数据及其各种的供应标准、性能规格和费用等资料。这些资料数据还须在后勤系统各个环节和同后勤系统相关联的其他各部门之间的信息顺利地流通和交换。鉴于后勤系统中的不同的工作需要采用各种不同的信息，因此信息的种类和结构也是复杂繁多。加之，由于战局态势的多变，各种信息必须经常地进行更新，这就使得资料信息工作更为艰巨。后勤系统中巨大的信息数量、复杂的信息流程、自动的信息加工、快速的信息存取，要求运用信息理论和反馈技术，以满足后勤管理工作中精确计算、正确决策的需要。

要使后勤系统的组织管理工作得以顺利进行，除了必须得到资料信息工作的保障外，还必须进行大量的数学计算工作，以使有关后勤工作的各项政策、计划和各种标准、规格的制订工作都能建立在一个经过精确计算、周密分析的科学基础上。例如，在战争破坏性和突然性都很强的今天，有关各种武器装备的库存量的确定，就是一项极为复杂的问题。在制订库存量时，我们既要掌握过去的历史资料，又要估计未来战争物资消耗的情况，并且不间断地密切注视国际形势和敌我力量的动态变化，最后还得结合国家的经济与资源情况，综合考虑，统筹规划，才能把这项工作做好。这些工作仅靠人来做，显然难以及时完成，因此必须有先进的计算工具——电子计算机。

第二次世界大战以来，出现了专门研究库存、物资计划问题的库存论，进而形成了新的后勤组织管理技术。这一类技术是组织和运转现代化后勤系统的必由技术途径，是实现现代化后勤系统的基础。如果没有这一技术，就无法进行后勤业务的科学组织管理工作，就无法制订各种最佳方案与计划；即使有了巨大雄厚的物资基础，也无法发挥出其应有的作用。由此可见现代化的后勤系统，一方面是需要雄厚的物资基础，先进的技术设备，另一方面还需要有一套科学的组织管理技术，两者缺一不可。这也是军事系统工程的一个重要方面。

五

指挥方式是随着总的作战方式的发展而演变的。公元前 8 世纪，周宣王在遇有西戎人侵时，即以烽火、鼓声传令诸侯出兵，共同保卫镐京（今西安）。公元前 3 世纪，马其顿国王亚历山大大帝亲自制订进军计划，并在军队的头阵率众投入战斗，通过战争征服建立了横跨欧、亚、非三洲的大帝国。17 世纪瑞典国王古斯达夫·阿道夫征服了波罗的海诸国，1632 年他亲自率领军队强渡德国累赫河，站在战场附近的小山上通过传令兵指挥战斗。从 19 世纪中叶开始，由于军队众多性和机动性的提高，军事统帅的指挥位置逐渐从直接的战斗现场退下来，到了陈列地图的作战室中。这正如恩格斯在 1851 年所描述的："战略行动——各军队集团行动的协调——应当由一个中枢地点用电报线路来指挥"，"而不用电报，就绝对不可能指挥他们"。在第一次世界大战中，将帅们通常是在战线后面的大本营里分析各种来源的情报并进行策略谋划。在第二次世界大战中，远离战线的大本营在一次战役实际发生之前数月时间就要做出种种决断，准备好战役计划。

新的指挥手段是指挥方式每次新的改进的前提。在恩格斯时代，铁路网使欧洲军队具有新的机动性，电报使得在欧洲战场有了采用中枢指挥方式的机会。在两次世界大战中，军队的动员规模和因飞机、军舰、摩托化而带来的机动性又提升到更高水平，无线电通信技术使大本营指挥方式进一步得到完善。20 世纪 50 年代以来，远程喷气飞机、直升机、高速舰艇赋予一支现代化军队史无前例的机动性；洲际导弹、远程喷气轰炸机、机载空地导弹和导弹核潜艇，能把几十万吨、几百万吨以至上千万吨黄色炸药当量的破坏力量在极短时间内投送到先前所梦想不到的远距离。这一切又给指挥方式的变革提出了新的要求。这种变革的新要求就是要极大地提高作战指挥的效率，使军队行动具有更大的突然性和反应速度。恩格斯说："正如同纺织机的生产率如果不用蒸汽力代替人力，也就是说如不创造与旧的手织机大不相同的新的生产工具，便不能增加三倍一样，在军事学术上也不能利用旧的手段去达到新的结果。只有创造新的、更有威力的手段，才能达到新的、更伟大的结果。"这次触发指挥方式新变革的正是电子计算机，电子计算机使作战指挥自动化成为可能。

在作战指挥过程中，有哪些工作是可以用电子计算机来高速度完成的呢？

首先一大类可以用电子计算机来完成的工作是：对所获取情报编码、存储、传输、显示读出、复制，以及战斗文书的编写、编码、下达和译出，这属于信息系统工程或自动化信息体系的标准工作，这方面的技术是成熟的。情报材料存储

在电子计算机中，并且可以随时更新。从电子计算机中调阅情报材料，可以做到如同使用记忆在人脑中的材料一样方便，军事参谋可以把智慧更集中于作战分析工作。其次，在作战分析工作中，也有一大类是可以用电子计算机来高效率完成的，这就是前面第二节中讲的战术模拟技术，这里不再重复了。用现代信息和情报技术组织指挥体系，再用战术模拟技术来制订、模拟并优选作战方案，这就是现代指挥系统的实质。

现代化指挥系统是由电子计算机、指挥运算程序、通信网络、终端和各分系统之间的接口形成的体系结构。搞好这个体系结构是复杂的系统工程。美国建立自动化指挥、控制与通信系统的过程也足以说明问题的复杂性。他们在 1962 年即建立全球军事指挥控制通信系统，但是结构松散，部门与部门之间，各种通信方式与手段之间的“接口”问题没有解决好，实际上达不到“全球指挥”的目的。为此，美国经过 10 年的摸索过程，在 1971 年重新改组全球指挥系统，首先抓“全球指挥系统的体系结构”研究，弄清各有关单位上下左右之间的各种接口关系，体现了系统工程的原则，然后进行系统分析、系统设计，并把整个工作放在由国防部副部长为首的一个专门委员会进行统一规划和领导。为了更好地开展“体系结构”计划的工作，该委员会还成立了一个总系统工程师办公室，开始时只有 15 个工作人员，到 1976 年增至 45 人。该办公室在系统总工程师领导下，监督和指导整个体系结构计划的贯彻执行，并在国防部各有关业务部门共同咨询下，为全球军事指挥控制系统的建设和技术改进工作，提供系统性的总体技术指导。它的经常工作是：负责指挥中心与各下属部门之间以及战略与战术之间的接口问题；了解国防部和各军兵种有关指挥、控制和通信方面的计划，使与体系结构有关的部分保持协调；为该系统的计划管理、物资调拨以及试验鉴定，提供技术支援；负责系统工程工作与费用估算；将该系统的体系结构计划恰当地转变为国防部及有关军兵种的具体计划与安排。

从以上的阐述来看，现代军事指挥系统的设计是一个很庞大的工程，它所用的通信方式与手段十分繁多，涉及的面极广，各个部门之间的“接口”问题十分突出，因此必须要建立一个高度集中的领导机构，利用系统工程的原理和方法，设计出一个全面统一的整体规划，全面地制订标准化与通用化计划，才能真正实现高度集中的自动化。这又是军事系统的一个重要方面。

六

外文中“战略”这个词原意是将军的意思，后来军事家用它来表示“统帅的艺术”。克劳塞维茨总结了到拿破仑为止的军事历史，把统帅对军队的战略领导称之为艺术，因为统帅都是依靠自己的才智亲自设计战略计划并亲自指挥军队

的。然而，到了现代，任何一个统帅，无论他具有多么大的才能，都不能靠他一个人亲自组织、指挥、协调和操纵一部由千万个部件组成的庞大的现代化军事机器。一支现代化军队的统帅，必须在系统的参谋队伍和军事科学研究机构的辅助下，才能实现他对整个军队的统率。这正如现代一切规模较大的社会生产和科学研究中所发生的情况一样。军事领域内这样一个深刻的变化是一个过程。我国早在汉末军中就设置了作为统帅的幕僚官“参军”，在唐代就有明确的固定的军事参谋职位[①]，而在西方则要晚得多，直到 17 世纪在古斯达夫时代才萌发了一种对参谋工作的需要，他后来以很不正规的形式设置了助手，这些助手没有形成组织，只是在国王感到必要时才被叫去咨询意见。在 18 世纪的欧洲，参谋概念的发展是比较迟缓的。普鲁士国王腓特烈大帝事实上是他的作战参谋长，拿破仑习惯于骑在马背上巡视整个战场，他集全部指挥大权于自身，他要求所有情报直送他本人，他在设计作战计划时不需寻求参谋意见。但是，由于他拥有数倍于腓特烈大帝的军队，再加上机动性的增长，战争已变成举全国之财力物力支持的复杂活动，他需要一个作为参谋的助手，帮他记住军队的配置情况，并且把他的决策变成书面指令，发布给隶属单位，以协同完成他的作战设计。拿破仑的这个助手就是柏特尔将军。后来，柏特尔在 1796 年提出了关于理想的参谋组织的思想。现代形式的总参谋部是 19 世纪初（大约是 1801～1806 年间）首先在普鲁士出现的。总参谋部作为一种组织，在和平时期拟制作战计划，系统地搜集在未来战争中需要的情报，如地形侦察、地图准备等。总参谋部在参谋学院的帮助下，通过历史研究、沙盘地图对阵，解析战争对策和军事演习来准备作战计划。

任何统帅的抉择过程的基本程序是：根据国家的政治目标，了解国际国内的形势，分析可供选择的各种作战方案，考虑敌人可能作出的各种反应，选择最可能取胜的方案。要作出决断，他需要两种类型的材料，一种是可以定量描述的材料，例如敌我双方的经济实力、军备、人力物力资源，以及它们在各种规模冲突中的消耗速率，武器系统的效能和易损性，后勤供应能力，随机因素的影响，以概率分布表示的敌我双方各种行动方案的效果等。另一种是定性描述的材料，如历史经验、士气、民心、传统、政治形势等。用科学方法生产这些材料，就是现代军事参谋工作的任务。在第二次世界大战及战后的军事冲突中，由于战争在方法和手段上的复杂程度较以往有了很大增加，交战双方都需要对所采取的措施和反措施进行精确的定量分析，才可望在对策中取胜。因此，对参谋工作的要求愈加精益求精。统帅部对这种精确分析信息的强烈要求，成为参谋手段和参谋组织实现科学化的巨大动力。这一推动力的直接结果，就是一类专门为军事机关提供

---

① 张蕴钰同志指出我国军事参谋一职始见于唐代．高祖武德四年（公元 621 年）“……世民表称洛阳必克，又遣参谋军事封德彝入朝面论形势”．

定量材料供决策参考的研究机构的出现，如美国国防部所属的计划分析与鉴定部，三军参谋长联席会议所属的研究分析与对策部，陆军参谋部所属的计划分析与鉴定局，空军参谋部所属的研究分析局，海军部所属的计划规划局等。这类研究机构按照不同的职责分工，运用数学和其他科学方法研究战略、战术和技术的相互作用，研究作战技术和装备使用方法的改进。

在 19 世纪初叶，克劳塞维茨把军事科学称为军事艺术。他描述说："在这里智力活动离开了严格的科学领域，即离开了逻辑学和数学的领域，而成为艺术（就这个词的广义而言）……"从那以后，由于军事领域发生的深刻变化，今天一幅全新的图像已经代替了这一描述。

战争各部分的关系错综复杂地交织在一起，这些相互关系还充满了偶然性的影响。从整体观点去处理这些关系是一道难题。拿破仑说过，这是一道连牛顿那样的人也会被吓退的代数难题。那时，军事统帅不是用数学而是用艺术来对这些难题作出判断。一个多世纪以后，出现了拿破仑时代未曾有过的东西：作为作战实验工具的战术模拟技术，军事家用来协助作出决策的运筹学理论方法，强有力的计算工具——电子计算机，以及运用这些科学手段的现代参谋组织，所有这一切已使定量地解决战略难题成为可能。

当然有可能还不等于就已经能真的做到。现代战争的复杂程度是空前的，涉及整个国家人力物力的调度，还有许多国际因素，要在电子计算机上模拟一场大规模的战争是要把第二节里讲的战术模拟的范围加以扩大，时间过程延长，而且要把第二节、第四节、第五节的内容都串联组织在一起。但把这么大范围的人类集体活动纳入一个科学定量计算模型的工作还开始不久①，就是有了模型，许多数据也还没有测定，现有电子计算机也不够大，计算能力受限制。要把战争博弈理论用在解决战略问题，还有待于科学技术的进一步发展，有待于社会科学的进一步发展。尽管如此，把这些已有成果某些战略的研究则是完全可能的，例如研究所谓"机灵武器"（精确制导武器）对战略的影响②。这是系统工程的又一重要贡献。

七

我们在前面陈述了军事系统工程在参谋业务方面、武器使用方面、后勤业务方面、组织建立指挥体系方面、战略研究方面的应用，试图说明系统工程对我军

---

① 钱学森，邬家培. 组织管理社会主义建设的技术——社会工程. 经济管理，1979，1.

② Morrison P, Walker P F. A new strategy for military spending. Scientific American，1978，239（4）：48～61.

现代化的重要意义。这些科学技术的发展虽然来源于资本主义国家，原来也是为他们国家的侵略政策服务的，但是军事系统工程是工程技术，是人类掌握了客观规律之后用来改造客观世界的技术，资产阶级能用，我们无产阶级也能用。我们可以“引进”这门技术来促进我国国防的现代化，这应该是毫无疑义的了。

我们应该首先考虑在我国建立必要的工作队伍。这又包括两个方面，一个方面是在有关的部门配备军事系统工程的专业人员，如在从总参谋部到各级司令部都要有专业人员，从总后勤部到各级后勤部也要有后勤系统工程的专业人员。他们都是用军事系统工程的专业技术来加强参谋和后勤业务的，他们要与本部门的其他人员密切协同配合，共同完成上级交给的任务。

再一个方面是在我军设置研究和运用军事系统工程以及发展各种军事系统工程理论的专门单位。例如，在军事科学院、在各军兵种都应该有军事系统工程的研究单位；各兵种的单位除研究战术外，还要对新武器的研制提出论证和战术技术要求。

为了配合以上工作，还需要多方面的确切数据，这是要各部队通过许多演习来收集的。例如，敌我双方武器的命中概率、易损性、操作效率，以及各种情况下目标的暴露程度、对目标的发现概率等。这就要求有负责组织这项工作的机关。

估计在不久的将来从事军事系统工程工作的人员将达几千人，其中专门学军事系统工程的高等教育水平的干部约一两千人。这就要求每年有军事系统工程的大学毕业生大约几百人。近几年要在我军高等军事院校设置相应的军事系统工程专业。国防科学技术大学已设置了有系统工程专业的系，培养高质量、高水平的系统工程人才。至于这些专业的课程设计问题，在另外一篇文章[①]已经讨论过，大致是两年基础课，一年专业基础课和一年专业课。专门结合军事系统工程的理论学科是反映现代战争特点的战略学、战术学、军制学和军事地理学等军事科学，它们是专业基础课的一个组成部分。

在陈述了军事系统工程的五个方面的工作以及建立机构和培养专业人员之后，我们可以回顾整个问题，为什么系统工程的技术在军事上这么重要？

毛主席在《中国革命战争的战略问题》这一著作中指出：“只要有战争，就有战争的全局。世界可以是战争的一全局，一国可以是战争的一全局，一个独立的游击区、一个大的独立的作战方面，也可以是战争的全局。凡属带有要照顾各方面和各阶段的性质的，都是战争的全局。”毛主席这一段论述，深刻地揭示了战争活动的一个极其重要的规律。

成功的军事统帅都具有一种特殊的才能，他在作战中能够通过迅速的判断从大量事物和关系中找出最重要和最有决定意义的东西。至少可以说，19 世纪初

的军事理论家是这样认为的。克劳塞维茨就说过："这种迅速的判断显然就是或多或少不自觉地对各种因素和关系进行比较，这比进行严格的推论能较迅速地抛开那些关系不十分密切和不重要的东西，能较迅速地找出关系最密切和最重要的东西。"这是一种要一个人从战争实践中获得的，因而就是难于传授的。

这种局面，在 19 世纪开始有了变化。由于战争复杂程度的相对增加，19 世纪初叶在普鲁士出现了现代参谋组织和现代参谋技术的萌芽。参谋组织的萌芽，标志着军事统帅的个人才能已经需要以参谋的集体智慧来辅助。参谋科学技术的萌芽，标志着战争领域的思维活动已经需要用科学方法来进行组织。只有在这样的基础上，军事统帅才能在错综复杂的因素中找出最重要和最有决定意义的东西。

第二次世界大战是现代参谋组织和现代参谋科学技术发展的重要里程碑，这是经历了千百年战争的实践，有了丰富的经验，才有可能进一步整理人们的感性认识，开始提高到定量的科学。这次规模空前的战争以极大的力量把一大批有才干的科学工作者吸引到拟订与评价战争计划、改进作战技术与技术装备的研究工作中。不同行业的科学工作者结合在一起，用电子计算机和其他新科学技术作为工具，研究分析作战技术、装备运用、组织指挥、后勤保障等方面的问题，并且提出建议，供军事决策机关参考。这种有组织的科学活动，产生了两个有深远意义的结果，一是使作战技术、装备运用、组织指挥和后勤保障方面的参谋技巧发展成为可以传授的科学技术，即可以系统地讲出道理的知识；另一个结果是利用这门参谋科学技术为作战技术、装备运用、组织指挥和后勤保障的参谋业务服务的研究组织的迅速发展。现代参谋科学技术和现代参谋组织，形成了军事系统工程，它在当前非常庞大而又极为复杂的军事工作中是有重要的位置的，因而它是一支现代化军队所必须掌握的。

第四节　作战模拟是一门重要科学技术*

我军作战模拟在军委首长的关怀下，在军事科学院、海军等其他大单位领导的重视和支持下，已经迈出了坚实的一步。我们这次会确实很重要，因为在我们国家需要用作战模拟的很多，不限于国防事业对作战模拟，我个人没有做什么工作，今天就专门讲讲它的重要意义，供大家参考。说错了请大家批评。

---

* 本节内容是钱学森 1985 年 3 月 4 日的讲话，4 月 30 日修改定稿，原载军事科学院军事运筹分析研究所编写的《作战模拟的研究与应用》。

一、国防现代化的发展战略需要作战模拟

我们国防科工委的任务就是组织管理研制新一代的装备，所以始终碰到的一个问题就是：装备各式各样，到底我们该搞什么？过去教训是很深刻的。有很多装备看着好，好像是个方向，我们投入力量去搞了，但是搞着搞着又觉得不行了，往往最后一算，假设投产装备部队的话，费用非常大，我们又承担不了。这样的事情是有的。有的时候，看到外国的装备非常好，要想引进，后来谈判了一阵子，再一核算，这些装备所花费的装备费远远超出了我们的财力物力，也搞不了，所以这里的根本问题是根据党中央、中央军委已经明确的我国战略方针，即反侵略战争和人民战争，决定到底我们应该搞什么样的武器装备。由于现代科学技术的发展，国防科学技术也是变化很快的。这也影响作战。“用什么武器，打什么仗。”不是有这么一句话么？不能用上一次战争的经验来指导或者指挥一次新的战斗。就是说，老经验是靠不住的。也许有同志讲，战争打响，我们不是在战争中学习战争吗？这当然也有对的一方面，但现代战争一开始就进行得非常激烈，如果你开始阶段用的是一种错误的指导思想，那么你所付出的代价将是非常之大的，以至于影响战争全局的发展。这样问题就很严重了，那么现在暂时没有大规模的战争，也没有机会试试这些新的武器的效能怎样，要想知道这些新的武器装备怎样改变战场情况，这个问题就很不好解决了。当然在座的同志都会回答，那好吧，可以用作战模拟。对！是可以用作战模拟，作战模拟是可以解决这个困难的。老经验不行，新经验又没有，而且战争一打响又不能靠当时现学，因为现学在初战阶段损失太大，所以作战模拟就在这样一个情况下有头等重要的意义。

一年以前，我在科工委新技术革命的对策的会上，曾经提过从科工委角度来看，我们面临着四个大的问题。其中第一个问题，就是刚才讲的，根据中央、中央军委制定的作战总方针，根据国家的实际情况，就是经济、生产、国内各方面的资源情况，到底我们这个仗怎样打，这是首先要明确的一个问题。说到我们国家的实际情况，那就是我们的经济实力。同志们都知道，尽管我们国家自从十一届三中全会以来，这几年发展很快，最近邓小平讲到 2000 年我们翻两番比较有把握，那么到那个时候，我们的生产总值有一万亿美元，那是了不起的。但是，到 2000 年，我们还只有一万亿美元，现在美国、苏联都远远超过了这个数字。从军费装备费来讲，即使我们有一万亿美元的时候，我们能够在装备上用的钱的比例恐怕也要少于美国和苏联，因为我们在其他方面的需要也大得很。我们不能像他们那样干，这样总的一个看法，我们花在装备上的钱一定比美国、苏联低得多。

另外一种情况，就是现代化武器的单价是非常之高的，而且越来越高。以作

战的飞机来说，从第二次世界大战末期到现在，已经增长了几百倍。那么现在有一种说法，就是说，再这样发展下去，正像美国人讲的，它的再下代的飞机，歼击机和战斗机，那恐怕是每架一亿美元。这样高价的装备，我们要买的话，买不起；我们也造不起；为什么它们装备的这些飞机以及舰船造价那么高？为什么越来越高？产生这个问题根本就在于它们的作战方针，他们的战略和我们的不一样，因为他们是打侵略战争，而我们是打人民战争，打反侵略战争。也就是说，“你打你的，我打我的。”你有你的打法，我有我的打法，不发展我们这种打法去考虑研究我们的武器装备，那么我军现代化就是一句空话，这是做不到的。在前几年海军的学术会议上，我也是提出这样一个问题：我们不能跟美国和苏联那种搞法，不能那样搞。美国一只航空母舰一百亿美元，上面一共一百架飞机。但真正用来攻击敌人的只有二三十架，其余的是为了保护航空母舰的。那么好啦，一百亿美元形成一个战斗力，也只有二三十架飞机。这个价格不得了。所以当时我就提出了这个问题，就是我们中华人民共和国的海军要现代化到底怎么办？到底怎么个现代化法？要解决这么一个问题，走我们自己的途径，就要用各种设想的武器装备来模拟作战，对付我们可能的敌人。看看这个效果怎么样，就是人民战争，反侵略的人民战争的这个仗怎么个打法，这个是要通过作战模拟的。所以在这个问题里作战模拟就有很重要的任务。

这个仗是怎么打定了，还要具体化，每一项武器的性能、战术指标怎么来定，战术指标定了以后又如何来实现，尽量地提高各方面的效益，那就是武器装备的设计方案。那么很显然，在这个阶段里，单项武器的研制工作又涉及作战模拟，尤其是战术指标、技术指标问题。要达到这个指标，要花费一定的人力、物力，最后到装备出来有一定的造价。效果到底怎样，又要用到作战模拟。因为你东西还没有拿出来，想搞实战演习那也是不可能的。就是武器出来了以后，要训练部队用武器，真正都是实战演习那也不得了，那钱也是花不起的，还要用作战模拟来训练我们的部队。这就是说，武器的研制，以至于研制出来后训练部队，都有大量作战模拟的工作。

刚才讲的是我们从国防科工委的工作认识到作战模拟的重要性，它是影响到全局的，是制定国防现代化的发展战略所必需的。

二、作战模拟技术还可以用于打“文仗”

我们研究的这门学问，也就是同志们在这次会议的四十多份报告当中要涉及的问题，是一门科学技术，也就代表了客观事物的规律，在一定的限制条件下，客观事物发展的规律。你说打仗，那当然有限制条件，你的武器的生产总得符合客观规律，你不能想象一种武器不要科学规律。这个没有的，那是胡思乱想了。再有你要打仗，你受地势、气候这些限制，这些限制总是有的，人的能力的限

制，这也是有的。那条件是很多的，所以所谓作战首先一个那是有一定的限制条件，再有一个就是敌我双方是敌对的。但是谁也不完全知道对方的情况，知道一些又不都知道。大家都清楚，指挥员没有说百分之百了解敌人的情况才下战斗决心的。那仗是没法打的，那根本要贻误战机的。所以打仗就是在限制条件下，敌对双方并不完全了解对方的全部情况，而各方都要想努力去实现各自的目标；或者还不止两方面是多方都是要实现其各自的目标。这个就是我们作战方案要研究的问题。我们作战模拟要求解决就是在各种限制的条件下，又不完全知道对方的情况下，我们要制定出最优的作战方案，这就是我们作战模拟的任务。我就想，这么一个问题并不限于打枪打炮的流血牺牲的这种战争，还有很多情况都是这么一个问题。周恩来同志不是说过，“文仗如武仗，不能无危险，也不能打无准备之仗”吗？

比如现在，我们说我们国家的经济是计划下的商品经济，要提倡经济的竞争。这个经济的竞争就是打仗，你怎么取得优先去占领有利的市场，这就是打仗。不是说现在有这样的话嘛，大家都讲战略，现在有聪明的、有领导能力的，一些小厂子，他们的战略是什么呢？叫做市场没有的它去搞，叫你无我有，这是首先一条。再有一个就是你有，市场上有，那我一定在质量上要赛过与我竞争的那一方，叫做你有我优，我比你的好。那么人家也赶上来了，那你怎么办呢？他说，你优我改，我改进。你不是好吗？我改进我的产品，赛过你去。那后来对方又跟上来了，他也跟上来改怎么办呢？那就是你改我转，我换产品了，我不跟你闹这一行了，我搞别的去了。“你无我有，你有我优，你优我改，你改我转。”这个是什么？这个也是经济竞争上的战略。那么科研方面也有战略的科学研究，也是对不知道的东西来作战，科学研究都知道了那就不叫科学研究嘛，科学研究就是跟未知的东西来作战。那么你采取什么方案，什么策略，这对一个研究单位的领导人是非常重要的，有好的领导人，他采取的科研的策略好，那么他就更快地取得成果；他用的策略是笨的，或者是不好的，那么他就是弄半天也弄不出来，结果钱也花了，力也下得不少，也弄不好。那么这里面也有一个作战问题。

前几天我还到对外经济贸易部，开一个叫国际贸易工程讨论会。1985 年 2 月 25 日《人民日报》上有篇王纪宽的文章，讲国际贸易工程，文章写得很好。不过，他公开发表的文章不便把老底给透露出来，而老底就是，国际贸易就是打仗，那是商战，商业的战争。你跟这些资本主义国家打交道，他什么招都可以使的，目的就是让你上当，以便取得商战的胜利。资本主义国家可以是总统来，可以是首相来，也可以是什么部长来，实际上，最后都是为了赚钱。他们国家的政府官员也不是终身制，一会下来了，下来了变成教授了，以学者身份来访问，可是他那公文包里还有他又是×××公司的顾问，一面讲学，一面还是做买卖。这种事多了！所以上一次我在经贸部讲，我说：“这个事大概你们也知道，来的人

各式各样，一会儿是这个身份，一会儿是那个身份，但是千丝万缕的他们都搅在一起，都是贸易，叫贸易就是要赚你的钱。”而且情况复杂，它那些公司背后有千丝万缕的关系，一会儿是这个公司，一会儿是那个公司，其实这两个公司是有密切关系的，因为它背后都是一个财团。他们也机灵得多，一会他们也搞联合，联合起来整你。这就是打仗。因此经贸部怎样搞好工作，首先要有一个战略战术，用这个来指挥。另外，外贸的这件事，我们中华人民共和国应该是一个整体，这个整体怎样对付这一些各式各样的国家，这些资本主义国家，这就是要用作战模拟，经贸部也要搞作战模拟。

现在外交的斗争那也是相当复杂的，而且刚才讲的现在外交和国际贸易交织在一起。外交当然有另外一方面的约束，这就是国际舆论的约束。所以，外交怎样搞这也是一项战斗。那最后我想有朝一日我们的外交部也得要搞作战模拟。

对作战模拟的应用，大家从这个角度去考虑的话，那用处就很多了。我那天去经贸部，我和对外经济贸易部的部长郑拓彬同志在一起，我就和他讲，我说将来你们经贸部可以完全用这个方法，他很同意，他也说了经贸部现在焦头烂额，事多极了，不好弄，太复杂了。我说：那好嘛！用科学的方法，用电子计算机！计算机不怕麻烦，我们国家现在有了。银河号的计算机每秒钟运算一亿次，现在大家一般用一百万次的或一千万次的，这个银河号的计算机我们国家已经有了，它就是每秒运算一亿次，而且现在研制这台银河机的国防科技大学计算机研究所还在走下一步，下一步就是几十亿次的。所以说，将来几百亿次的计算机也可以出来的。问题是不怕复杂的，计算机是不怕复杂的，问题就在于我们怎样把这复杂的问题变成科学化，用作战模拟的方法来解决它。我想这个事可是大事，所以这是我今天讲的第二点，请同志们考虑对不对，也就是说同志们干的这事它的意义不限于军事科学，不限于我军现代化，实际上联系到整个四化，是了不起的事情。这项工作将来会影响到全国，也可以军转民，大有用处。

三、军事科学有广泛的意义

军事科学是具有广泛意义的，今天我们在军事科学院，军事科学院也是科学院，当然是科学院。我们经常说科学、科学技术，按从前老的分法，自然科学、工程技术还有社会科学。近来事物越来越发展，那么这个分法就不合适了。首先，大家看到一个问题就是社会科学也要用数学方法；现在不是有数量经济学吗？不是有计划学吗？这些都要用数学方法，都要用计算机，这样首先一个问题就是把数学放在自然科学里面就不合适了，所以就出来一个数学科学。自然科学、社会科学、数学科学。我们这个作战模拟涉及军事系统工程，所以又一个新的方面就是系统科学，那么系统科学你说它是不是一个新的科学部门呢？是一个新的科学部门。因为它也涉及整个客观世界的问题，不是客观世界哪一部分，而

是整个客观世界的问题。不过它是从不同的角度去研究客观世界。返回来，什么是自然科学？自然科学就是研究整个客观世界的，不过是从不同的角度来研究，从什么角度呢？就是运动、能量这个角度。那么社会科学研究整个客观世界那是什么角度呢？那就是社会的整体跟它组成部分的相互关系这个角度。我从前讲过，你看，如果是理工科的人到了一个工厂，他要看你这个机器装备怎样；机器用了多少马力；电力消耗怎样；你的物资流通怎么样；你加工切削是用的什么工具。假如说是一个经济学家，社会科学家到工厂去，也同样是这个工厂，他注意的不是这些问题，他注意的是：会计核算呀；经济成本呀。所以说，同一个对象，不同的科学是从不同的角度去研究它。那么数学就是从量跟质的辩证的变化为基础的角度来研究整个客观世界。系统科学呢？就是从系统跟它组成部分的辩证关系这个角度来研究的。新兴起的科学还有思维科学、人体科学、文学艺术的理论。我国文化部就有文学艺术科学研究院，就是研究文学艺术理论的，这又是一个部分。最近已经宣布，不知大家注意了没有，还有行为科学，行为科学不是社会科学，也不是什么心理学，它比心理学还广一些。不久以前报纸上有这方面的内容，还成立了中国行为科学学会，也是一门很重要的，研究客观世界的学问。这已经有八门了，八大门户。这第九大部门就是我们的军事科学，刚才我说了军事科学不光是打仗，它来源于打仗，但是到今天来看，军事科学的意义，它研究的对象，不只包括打仗、军事战争。刚才说的经济的竞争，科研里面的策略、国际贸易商战，外交等，都是打仗，都是对抗的，只不过是文仗。所以这样，就有自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、行为科学、军事科学这九大部分，这大概是现代科学技术的整个组织体系。所以我说，军事科学的意义，当然对于国防建设是非常重要的，但是军事科学的意义不限于仅仅是国防建设。对于社会主义的物质文明的建设、精神文明建设和我们实现四个现代化都具有重大的意义。

现在有许多问题也请同志们想一想是否也是作战问题。比如我们现在讲改革，你改革没有准啊。所以中央说了要摸着石头过河。为什么要摸着石头过河呢？就是因为有很多的未知因素。中央又说了对于改革决心要大，步子要稳，也就是说这个仗是非打不可了，但具体怎么个打法，我们可不大牢靠，因此步子要稳。又说看准了要下决心干，看不准的要先搞试点。这些东西大家想一下是否和作战很相似？这就是在一定条件下，我们对于客观的事物可能发现的情况，并不很清楚，但是我们又要干，这里所采取的战略，也可以说这就是我们的战略，摸着石头过河这也是一种战略；决心要大，步子要稳这也是一种战略，看准了的就要下决心干，看不准的先搞试点，这也是一种战略。这种方针恐怕没有真正把这个问题看作是一种作战，而是一种由领导的判断所制定的方针，或者说是领导者吸取了军事思想中的精华，转而用于非军事领域成就。如果我们再提高一点，真

正用全部军事科学的方法，用于打多种文仗，把军事科学也作为学习“领导科学”的一门必修课，使领导者高瞻远瞩，雄才大略，作用将是很大的。

所以我讲的意思就是说，我们这军事科学是现代科学技术九大部分之一，可以说和自然科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文学理论科学、行为科学等平起平坐的，这么一门重要的科学知识。所以，我觉得军事科学也应该跟其他的科学部门相同，是一个有层次的结构。我们这个作战模拟是属于军事学术，还有的是属于军事技术，那更直接的接近作战。我们这个作战模拟是属于军事学术类型的。以前我也提到过还有更高一点的就叫做军事思想，就是军事基础理论和军事哲学。实际上军事思想分为两部分，军事理论和军事哲学。军事哲学就到了马克思主义的哲学，或者是马克思主义哲学的组成部分，这就是更高一点的概括。所以，有军事哲学、军事基础理论、军事学术、军事技术这四个层次。

作为现代科学一个部门的军事科学，它的意义不限于国防建设，也就是说军事科学的重要性。同志们所从事的作战模拟有普遍的意义。同志们搞这门学问，我们军事科学院和我们军事学院都是搞作战模拟的，将来到你们这两个单位和在座的各军兵种找作战模拟的专家们请教的人会越来越多，不光是穿军装的，还有穿便装的都可能来找你们的，因为你们干的这件事，具有普遍的很广泛的意义，对于我们两个文明的建设，对于四化的建设，对于我们的社会主义的建设各个方面都是有用的。

第二章 战略与战役理论

第一节 我国今后二三十年战役理论要考虑的几个宏观问题*

总参组织这次战役理论学术讨论会是我军军事学术研究上的一件大事，对加速我军现代化建设有重要意义，因为战役战术理论是组建国防军事力量四要素之一[①]，而且是首先要明确的一个要素。但我在这里不准备讲我国今后二三十年战役理论本身的问题，只是讲讲我个人认为有关的大的方面的宏观问题，总共十个，供大家研究参考。

一、战争是一门科学

我首先要讲的一个问题就是战争有没有规律，关于战争的研究能不能形成一门科学。所谓科学就是关于自然、社会和思维的知识体系。它是适应人们生产斗争和阶级斗争的需要而产生和发展的，是实践经验的升华和结晶。在历史上，人们研究战争现象，曾经得到大量的实践经验，并上升为一定的理论。像中国的孙子兵法等，都是总结了大量史例得出的成果，它们对当时及后来战争的发展都产生了很大影响。但是，孙子的论述多是思辨性、哲学性的东西，话讲得很活，能引导人们去思考，但具体怎么运用，还得靠你自己。这跟现代科学不大一样，现代科学的规律很明确，是可以信得过的，只要按照它去做，结果准是正确的。那么战争这么一个非常复杂的问题，到底能不能够形成这样一门现代意义上的科学呢？

作为马克思主义者，我们认为物质的客观世界是第一性的，它的发展运动是有其自己的规律的，而人的主观世界是第二性的，但人可以通过社会实践去逐步认识客观世界，并运用认识到的规律改造客观世界。战争问题尽管很复杂，但它也是客观世界的现象，因而也是有规律的，是可以被认识并掌握的，这就是战争的科学。但是，由于战争的复杂性，对它的认识必然要经历一个漫长的过程，历史不正是这样演变的吗？18 世纪有位军事家沙克斯元帅，他在《战争艺术论》中说："战争是一门充满了阴影的科学，在这种阴影之下，一个人在行动时是难

---

* 本节内容是钱学森 1986 年 9 月 9 日在全军战役理论学术讨论会上的报告。

① 王寿云．新时期的国防科技和武器装备发展战略研究，1986.

于有把握的。”可见那时的军事家们虽然已经认识到战争是一门科学，但还没能够将战争的基本规律总结出来，作为指导战争实践的理论依据。到了 19 世纪，有个叫约米尼的军事理论家，他曾在拿破仑军队中做过将军，后来又担任俄国的军事顾问，写过不少有价值的历史著作和军事理论著作。他在《战争艺术》一书的序言中说道：“战争的确有几条基本原理，若是违反了它们，就一定会发生危险；反而言之，若是能好好地运用，则差不多总是可以成功的。”约米尼对战争是一门科学的认识又近了一步。

随着历史的发展，人们认识客观世界的能力不断提高，通过对几百年、上千年战争经验的总结，慢慢地发现了一些决定战争胜负的本质因素，加上军事家们的反复实践、分析与整理，上升为指导战争的规律和理论，规律发现得越多，则理论越完善，从而逐步形成一门科学，就是战争这门科学。

但是，这并不是说已有的规律是一成不变的。战争同其他社会现象一样，其规律也是发展变化的。由于科学技术的发展，新的武器、装备不断涌现，改变了战争的客观环境，这就要求军事指挥家们的思想必须跟上战争环境的变化，总结、提炼出新的规律，否则就是危险的，要打败仗的。历史上有许多战例，证明了这一点，这是大家都了解的。像第二次世界大战初期，法国与德国军事力量相差无几，而德国制定了先进的作战条令，将部队编成与武器装备正确地结合起来，法国则固守原来的防御思想，结果被德军突破。同样，在苏德战场上，起初苏联对机械化部队的作用认识不足，致使在德军发起突然进攻时受到巨大损失。这样的例子还很多，我们从这些经验教训中吸取些什么呢？一句话，就是要把战争看成一门科学，用科学的态度来对待战争问题。如果这样来看 21 世纪的战争，那时的客观环境同以往的战争会大不一样，同现在相比也会有很大的变化。只有跟上这种变化，才有可能应付未来的战争。

幸而现代科学技术的飞速发展，使人们认识客观世界规律的能力大大提高了。在战争这一门科学中出现了军事系统工程、运筹学、系统科学以及计算机作战模拟等。这些现代的科学技术与战争的历史经验和野战演习的结合，使得我们能够更加清楚、准确地了解和掌握战争的客观规律。军事系统工程研究的是武器装备、作战条令、部队结构和部队训练这四大力量要素之间的辩证关系。现代作战模拟已由战术研究进而扩展到评价作战条令、部队结构设计和武器系统作战效能这一类高层次的宏观军事问题。如美国根据现代作战模拟对作战条令的研究，对 1976 年《作战纲要》版本进行了修改。参与制订 1982 年版“空地一体战”《作战纲要》的美陆军中校霍尔德等说过：“野战训练与作战模拟使陆军司令官们深信，使用 1976 年的作战条令，他们不能够击败苏联人。”这都说明战争的确是一门科学，我们要用现代科学技术来研究战争的规律，研究战争这一门科学，这就形成了现代的军事科学。

二、军事科学的体系结构

以前我曾讲过关于科学体系的问题，现代科学技术是一个有系统有层次的整体结构。这个结构的最高层次就是马克思主义哲学，从横向划分有九大部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、行为科学和军事科学。每个部门纵向都是三个层次。直接改造客观世界的，属于工程技术一类，这是最低层次，然后是工程技术共用的理论——技术科学，再上去更基础的就是基础科学。从每个基础科学部门到马克思主义哲学，中间还有一个桥梁。拿军事科学来说，这个桥梁叫军事哲学。军事科学的三个层次是，属基础科学的，我建议叫军事学。下一个层次，相对于技术科学的那个层次，我们国家有一个名字，叫军事学术，包括军事战略学、战役学、战术学、后勤学等，还有军事运筹学也在这个层次。最下面一个层次是直接打仗的学问，就是军事技术，包括武器装备技术、军事系统工程等（图 2-1-1）。

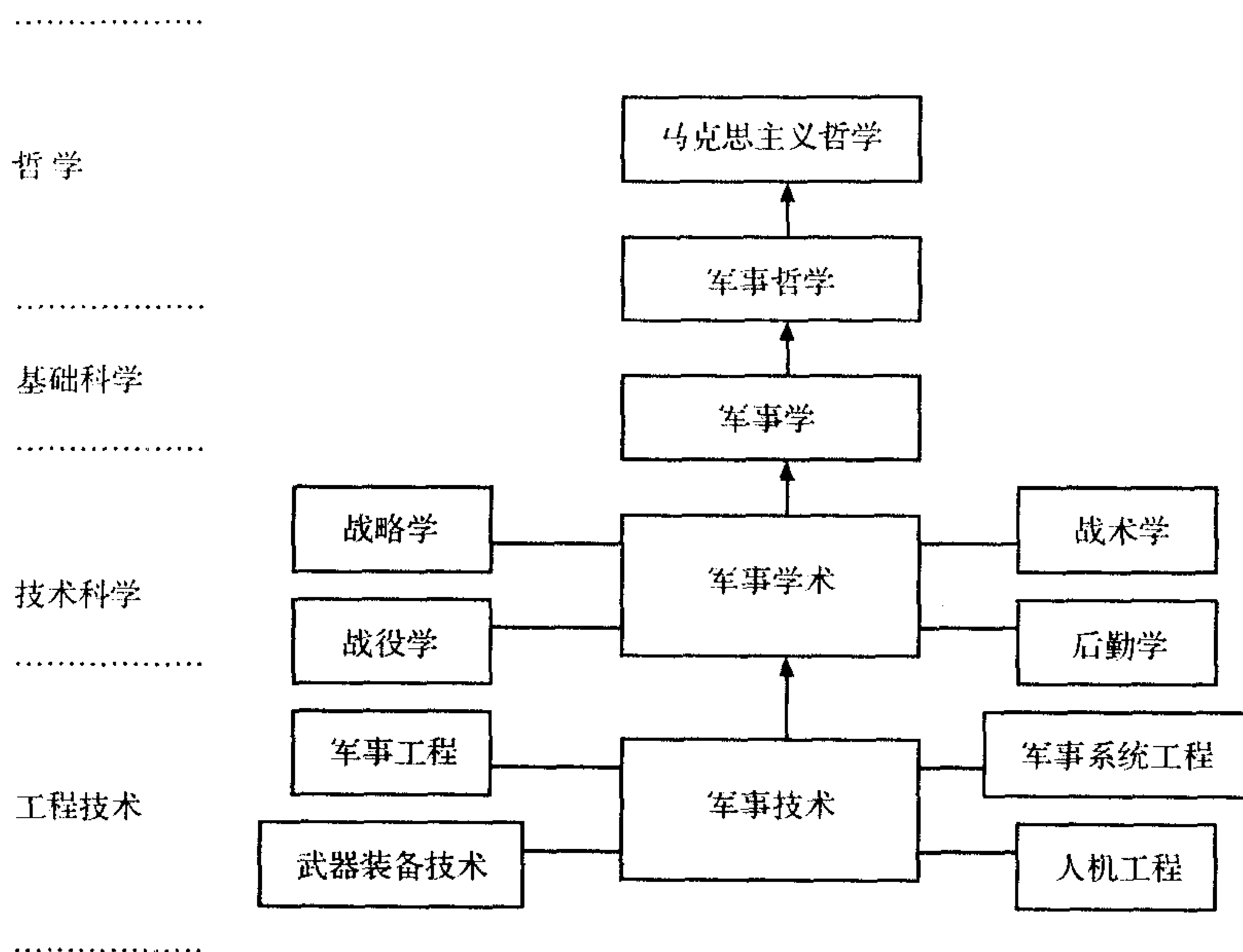


图 2-1-1　军事科学的体系结构图

战略学、战役学和战术学是军事学术的主要组成部分。大家都知道，随着战争和军队的出现，产生了战略战术，但在古代冷兵器时代，战术不是独立于战略之外的，如公元前 5 世纪我国的《孙子兵法》是总论战争的名著，涉及军事哲学、战略和战术等内容。在我国，战国以后才出现专门论述战术问题的兵书。在

欧洲，16 世纪才把战术学从战略学中分开，形成一门独立学科。

战役学的形成则要晚得多，直到 20 世纪 20 年代，即第一次世界大战才出现。这是因为武装斗争的方法和样式取决于社会生产力的发展，取决于武器、技术和人员的组成。20 世纪初，资本主义过渡到帝国主义阶段，生产力得到了飞速发展，经济力量增强，科技取得了极大的进步。帝国主义国家为了重新瓜分殖民地，扩军备战，军队人数急剧增加，历史上第一次出现了几百万人的军队，这些军队又装备有威力强大的技术兵器、机械化的交通运输工具和通信器材，致使战争具有空前的规模和极大的破坏性，战斗行动已经超出了过去的交战范围，一个乃至几个集团军的部队可以展开在几十公里甚至几百公里的战线上，按统一意图，在统一指挥下，为遂行共同的会战任务而行动，这就是战役行动。随着这一作战样式的变化发展，战役作战经验的累积，以及对指导战役作战理论的迫切要求，一种新的作战理论，即衔接战略与战术的战役学也就随之出现了。

现代科学技术的发展及其在军事领域的广泛应用，新技术兵器将大量出现，未来战争的规模、范围和破坏力会空前增大，将是一场陆、海、空、天一体战。面对这样的未来战争，美苏都极为重视军事学术的研究，因为军事学术、作战理论的先进与否，直接关系到未来战争的胜败。两次大战都证明了这一点。虽然我们的武器装备与美苏相比，在相当长一段时间内仍将处于劣势，但我们有马克思主义理论做指导，完全有可能在军事理论的研究上作出成绩，保持学术上的领先地位，用先进的军事理论指导部队建设，指导武器装备的发展，指导未来的战争，这是未来反侵略战争取胜的极其重要的条件。

三、军事技术装备与战役理论的关系

战役理论的产生、完善和发展与军事技术装备之间的关系是辩证的。

1. 军事技术装备是产生战役理论的物质基础

恩格斯在论述军事学术理论时，曾强调指出，作战方式“取决于物质的，即经济的条件，取决于人和武器这两种材料，也就是取决于居民的质和量和取决于技术”①。

第二次世界大战时，德国在战争初期采用了“闪电战”打法，它之所以能采用这种战法，主要是德国在战前的六年准备时间内，军火生产增长了 21 倍，当时德军拥有坦克和自行火炮 5600 多辆，作战飞机 10 000 多架，火炮和迫击炮 61 000多门。另外，它还采用当时先进的技术，生产装备了无线电通信系统，使德军的司令官在接收情报，作出决策，并将决策内容传达给下属指挥官的速度方

① 马克思恩格斯选集（3 卷）. 北京：人民出版社，1971：210.

面较对方占有很大的优势。德军司令官借助无线电通信系统，其指挥位置可尽量前移而不会影响与最高司令部的及时联系，因而较对手能更清楚地了解战场情况。这些条件，使德军在战争初期得以在空军配合下实施“闪电战”，而在战争初期，苏军则遭到重大损失，只能处于防御地位。但在防御阶段的作战中，1942年苏联的工业已完成转入战争轨道的过程，大量的武器装备和军用物资源源不断地投入战场，优势的军事技术装备为苏军组织实施“梯次配置”和利用战役快速机动集群进行“大纵深作战”的战法提供了雄厚的物质基础，而苏军的“梯次配置”和“大纵深作战”的战役理论也在作战中得到进一步的发展和完善。

在20世纪70年代后期，美国陆军和北约最高司令部分别提出的“空地一体作战”和“打击后续部队”的战役理论，也是这一辩证关系的一个有力的佐证。从70年代开始，美国及其北约盟国为了同苏联争夺常规力量的优势，利用他们在计算机和微电子学等高技术方面的优势，开展了一系列常规武器和战场用电子设备的发展计划，如M-1坦克、M-2型步兵战车，MLRS多管火箭炮，“潘兴”Ⅱ战区导弹，带大面积反装甲弹头的全天候、远射程的联合战术导弹，反装甲的精确制导弹药，AH-64“阿帕奇”新型攻击直升机、F-15、F-16型战斗机，改进的F-111型远程轰炸机，以及电子化作战指挥（C^3/I）系统和各种战场目标侦察监视系统、电子对抗系统等。这些新的武器装备使美军和它的北约盟军有能力对敌方100～150公里纵深的目标，即敌第二梯队的目标实施攻击，这也是他们分别提出“空地一体作战”和“打击后续部队”理论的物质基础。

上面这些事实表明，战役理论的产生、完善和发展，都必须以一定的军事技术装备为基础。

2. 军事技术装备的发展推动战役理论的发展

苏军进攻部队的“梯次配置”和利用快速战役机动集群实施“大纵深作战”的战法，在第一次世界大战时就已经出现，只不过限于当时的认识和军事技术装备的性能，这种战法未能得到充分发展。到第二次世界大战的中期，苏联开始总反攻阶段，大量新的坦克、火炮，如有名的“喀秋莎”火箭，以及新的飞机等源源不断地投入战场，为苏军有效地使用这种战法提供了很好的物质基础，这种“梯次配置”、“大纵深作战”的理论在反攻阶段的战役中也得到了充分地发挥。因此，战后苏军通过总结才形成比较完善的“梯次配置”、“大纵深作战”的战役理论。但是在当代，由于陆军兵器的火力杀伤纵深大大增加，可远达三百多公里，其中火炮的杀伤纵深可达四十公里，战术导弹的杀伤纵深在二百公里以上，这些武器不仅射程远、射速快、命中精度高，而且威力大，可远距离先敌开火，夺取战场的主动权，特别是作为陆地战场重要突击力量的直升机的应用，对作战理论和作战方式都产生着重大的影响。

另外，美国精确制导武器、定向能武器、粒子束武器、电磁武器、人工智能

武器、隐形飞机和军用机器人，以及高性能的电子化作战指挥系统、目标搜索、监视系统等的发展又推动着美军从目前的“空地一体作战”理论进一步发展和变化为“2000 年空地一体作战”的理论。

从这里可以看出，军事技术装备不仅是建立战役理论的物质基础，而且它的发展也必将推动战役理论的发展。

3. 战役理论的发展将影响和指导军事技术装备的发展

事物之间的关系是辩证的。马克思主义哲学认为，“认识是从实践中产生，随着实践的发展而发展的，它又转过来为实践服务……”战役理论是通过战役行动的实践总结出来的规律，它必将反过来指导战役行动的实施，指导用于实施战役行动的军事技术装备的发展。

例如，美国陆军和北约盟军最高司令部提出的“空地一体作战”和“打击后续部队”的战役理论，用他们现有的武器装备就可以实施，但是要达到这两种理论所强调的协同纵深战斗和前沿战斗，用空中力量和地面的远程战术导弹，攻击敌方距前沿一百至一百五十公里内（即第二梯队）的有价值目标，阻止或迟缓敌方第二梯队投入战斗，为确保歼灭敌第一梯队的效果，仅靠现有的和即将投入战场的武器装备，其性能还是不够理想的。因为要实施纵深打击，就必须首先要清楚地知道对方纵深内目标的位置，目标的性质和数量。这就要求有对敌方纵深进行大面积搜索、跟踪的手段，和对这些目标进行有效攻击的工具；要使纵深打击与前沿战斗密切地协调，就要求有高性能的战术指挥、控制和通信系统，要求作战部队和后勤保障有快速机动的能力等。因此，目前他们正在按照实施这两种战役理论的要求，利用技术方面的优势，发展联合监视及目标攻击雷达系统（JSTARS），精确定位打击系统（PLSS），高级合成孔径雷达系统（ASARS），高性能的战术数字数据通信、指挥系统。美国陆、空军还在共同发展联合战术导弹系统（JTACMS）、空中投掷的集束式武器系统以及各种精确制导导弹和新型的坦克、火炮、反坦克与防空武器系统。这些武器系统一旦投入战场使用，无疑将大大增强美国和北约国家常规武器威慑力量，大大提高“空地一体作战”和“打击后续部队”的战役理论的有效性。

综上所述可以看出，军事技术装备与战役理论的关系是互相影响的辩证关系。

4. 我国军事技术装备的现状和今后发展的潜力是研究我们国家战役理论的基础

在研究我们国家的战役理论时，既要研究国外的，特别是美、苏现代的战役理论，研究他们的军事技术装备水平和今后的发展趋势，又要对我们国家自己的

军事技术装备的现状和发展潜力作仔细认真地研究，要结合我们的政治、经济、自然条件、工业能力、技术水平以及过去战争的经验等去研究，对情况要做到了如指掌，心中有数，这样我们才能做到像孙子兵法中说的那样“知彼知己，百战不殆”。展望今后二三十年，我们要对我国可能的军事技术装备水平作出实事求是的分析和判断，以此来研究发展我们国家的战役理论。

另一方面，战役理论的研究还要以战略理论为依据，在战略理论的指导下进行，而我们的国防战略，以及国防战略所依据的大战略又是什么？下面讲讲我个人对这个问题的理解。

四、大战略

大战略不只是一个国防问题，它包括一个国家的政治、经济、外交、贸易等所有的领域。面向 21 世纪的发展，各个国家都有自己的战略设想：

美国开始推行“高边疆”的国家战略，其意图是以庞大的国防预算为后盾，以航天技术为突破口，通过空间军事化和工业化的途径，以期夺取对苏军事战略优势和重新拉大同西欧和日本的经济技术差距，即在夺取世界政治、经济和军事霸权的基础上，进而实现资本主义世界一统天下。

苏联为迎接来自美国和西方的诸如军事、经济、政治和社会等方面的挑战，相继制定并开始执行所谓的“加速战略”（加速社会经济发展的路线）和《科技进步综合纲要》，以期通过高技术的发展，扭转科学技术进一步落后于西方的不利形势，积蓄力量，准备同西方进行决战。

日本实施“科技立国”的战略，以图实现世界政治大国宏愿。该战略是通过开发所谓“创造性和国际性”的科学技术，使日本到 21 世纪初成为世界上一个新的政治大国。

西欧的战略设想是长期打算、逐步推进、全面展开、突出重点、求同存异，以主权国家为基础，谋求政治、经济、防务一体化的发展。

大战略是西方普遍流行的概念，也有叫国家战略的。在学术上有人认为二者既有区别又有联系，也有人认为大战略就是国家战略。

“大战略”的概念是英国人首先提出的，1929 年出版的利德尔和哈特的名著《历史上的决定性战争》一书中，已有大战略的概念；在后来的英军条令中规定：“大战略是为了实现全国性目的而最有效地发挥国家全部力量的艺术。”

美国对大战略的研究起步较晚，但发展较快。美国官方认为；大战略就是运用国家的力量，包括政治、经济、心理和军事力量，以实现国家政策所规定的目标的艺术和科学。

苏联没有大战略、国家战略的提法，只提军事战略。他们认为：军事战略是“军事学术的组成部分和最高领域，它包括国家和武装力量准备战争，计划与进

行战争和战略性战役的理论与实践”。苏联的军事战略有些内容是属于“国家战略”、“大战略”的范畴，同时西方的大战略或国家战略的某些内容，也可以在苏联的“军事学说”和“苏共军事政策”中找到相应的东西。

什么是我们国家的大战略呢？所谓大战略就是指如何制定我们国家的总方针政策（包括国防在内），以实现这样一个目标：2000 年翻两番达到小康水平，在建党 100 周年的时候，也就是 2021 年，达到中等发达的水平，到建国 100 周年就是 2049 年，接近那个时候的世界先进水平。胡耀邦总书记 6 月 11 日在英国皇家国际事务研究所的讲话中说：“中国的基本国策可用两句话来概括：一是用改革和开放的政策来促进中国经济的持续稳定发展；二是用独立自主的和平外交政策来保证建设能够专心致志进行而不致中断”。“我们只能集中力量搞好经济建设，逐步改善人民生活，在此基础上逐步增强自己的防御力量”。我理解这都是在一定阶段的大战略。

我觉得我们国家的大战略还可以有另外一种说法，关起门来在自己人中说，这个大战略是：在马克思列宁主义毛泽东思想的指引下，运用全部的科学技术知识和我们的智慧，在政治、经济、外交、国防等方面和全世界人民一起，开辟走向共产主义的自由王国的道路。这里提出了要运用全部科学技术知识和智慧的问题。也提出了我们是跟全世界人民站在一起的。我们早就宣布永远不当超级大国，我们跟第三世界国家在一起。实际上我们的联盟还包括第二世界和两霸的人民。我们的目的，老实讲就是走向共产主义，因为共产主义是我们的理想，我们建设社会主义也是为了最后走向共产主义。我们相信社会主义制度的优越性，只要不打仗，我们在和平环境里发展，必然会超过资本主义。中央现在定下的目标，到建国 100 周年时真正实现了的话，我说中华人民共和国就无敌于天下了。道理很简单嘛，即到那时按人均计算接近发达水平，而我们的人口比美国、苏联、日本加起来还多，那还不是无敌于天下吗？那时候还有谁想跟我们打仗呢？我想就不会有了，他们都认输了。全世界人民也认清了社会主义才是唯一的道路。所以我们国家的大战略是力求“不战而胜”。

为什么有这种可能？让我们来分析一下当今世界的形势①。从政治、经济、军事力量的综合分析、预测来看，到 21 世纪初，世界仍将是美苏称霸的形势，双方在陆、海、空、天各领域激烈争夺，处于武装对峙的恐怖均衡状态。

关于未来战争的样式，里根政府的新“灵活反应”战略把战争分为高强度、中强度、低强度三种（美国陆军 FM100-5 号野战条令《作战纲要》1986 年版）。苏联现在把战争分为世界大战、局部战争和有限核战争。我们认为核大战的可能性很小。从第二次世界大战至今已四十多年，两个世界军事体系没有打起来，帝

---

① 宦乡. 对世界形势发展趋势的分析及军委提出转入“和平时期”战略决策的理论依据，1986.

国主义国家之间也没有发生战争，大仗没有打起来的原因很多，其中美苏两家军事力量处于均势，而且都拥有破坏力巨大的核武器则是重要的原因。这种“恐怖均衡”下的和平（或叫核和平）也可能还要持续下去，就是到了21世纪初，恐怕也还是这种情况。现在苏美两家都有上万颗核弹头，而且还在改进完善，但都不敢用。美国认为“谁都不能在一场核战争中获胜，因而不能打核战争。”苏联戈尔巴乔夫上台后，改变了过去认为它能打赢一场核战争的看法，说“核战争中不会有胜利者”。美苏两家的核武器已达到“饱和”状态，谁也不能以突然袭击或其他方式摧毁对方相当大一部分战略核力量，而自己不遭到毁灭性的报复。要打别人，自己也会被摧毁，即使能够生存下来，也会遇到一个可怕的“核冬天”。所谓“核冬天”，这个理论是1983年美国学术界的5位博士（Turco，Toon，Ackeman，Pollack和Sagan）共同提出来的（又用他们名字的开头字母称为TTAPS研究报告）。据这个理论推测：打击城市目标的核弹头只需达到一亿吨TNT当量（目前美苏拥有120亿吨TNT当量的核武器），所造成的大火和浓烟就能挡住阳光达数月之久，气温将要下降75℃，这就是“核冬天”。尽管人们对这一结果还有异议，但核大战肯定会对全球气候造成极大影响和破坏。英国《新科学家》杂志1986年1月2日这一期第14页上有一篇文章说，即使不是核冬天，核饥饿总是会有的，因为它会造成农产品大量歉收。“核冬天”的理论引起了世界各国的重视，美国国会还专门拨款进行研究。

事物总是从发生、发展，到最后衰落、灭亡的，战争也是如此。战争本来是政治斗争的继续，目的在于获取用非战争手段不能取得的利益。但是由于战略核武器的射程和杀伤力可以摧毁地球上的一切，它就使战争失去了本来的目的。再加之占世界人口三分之一的第三世界国家要在和平环境中建设自己的家园，第二世界国家也不愿意接受核战争的破坏，就是美国和苏联的人民也不想打核战争。所以现在已经看到这样的苗头了：谁也不敢打核大战。这种形势就是到了21世纪也不会改变，这是我国制定大战略的依据。

下面再讲讲根据这个国家的大战略，考虑我国国防战略的几个问题。

五、我国国防战略（一）——有限战略核力量

尽管美苏都不敢贸然打核战争，但谁都没有放弃核战争的准备，也不想减少核武器，即使以后通过谈判达成相互减少核武器的协议，也只不过是改变一下“饱和”状态罢了。核武器仍然是美苏两国军事实力的基础。因此，我们也不能没有战略核力量。没有这个东西，超级大国就要欺负你、威胁你。为了遏制超级大国的核威胁，为了保持我国的大国地位，我们要有一定数量的，或叫最低限度的核反击力量。当然，这个战略核武器是不能让敌人消灭掉的，生存能力要高，反应要快，突防能力要强。假设里根的战略防御计划搞成了，我们的核弹头也要

能打出去。像法国、英国这样的中等核国家，它们奉行的是有限核威慑战略，以打击城市为主要目标的大规模报复战略。为了使核力量在对方有了可靠的防御系统后仍有效，法国前三军参谋长拉卡兹（La-caze）认为："我们必须寻求新的道路，必须继续使我们的战略核力量实现多样化，优先考虑运载工具的机动化，确保核武器对无论什么防御体系都有很高的突防能力。""从现在起到2020年，法国可能通过不断改善其进攻能力和摧毁对方防御系统的能力，改善各种武器系统生存能力，保护各种导弹，以增加各种导弹的突防能力，来继续威慑对手。"

需要多少核武器才能达到遏制目的，这是可以研究，可以进行作战模拟的。美国前国防部长麦克纳马拉在1967年提出"确保摧毁"战略时曾作过具体阐述。他认为，即使在遭遇到对方第一次突然袭击后，美国只要能摧毁苏联的五分之一到四分之一的人口和二分之一到三分之二的工业能力，就可达到有效的威慑。若拥有二百到三百个等效百万吨当量的核力量，即可实现上述损伤目标。据计算，当报复力量超过某一限度，大约为四百个等效百万吨当量时，摧毁人口与工业能力的增长率显著地下降。等效百万吨当量数由四百增至八百个时，杀伤人口数量只增加百分之九，摧毁工业能力只增加百分之一。法国一防务专家曾根据法国1980年的战略核力量作过一次定量分析。当时法国拥有84个等效百万吨当量的战略核力量，用这些力量可摧毁苏联14个城市，1650万人口和40%的工业潜力。如一部分战略核力量先被摧毁，其第二次核打击能力至少可摧毁苏联5个城市，400万人口和4%的工业潜力。目前法国拥有130个等效百万吨当量的战略核力量，这样规模的核武库当然不能与美苏的同日而语，但在美苏对峙格局不变的情况下，只要有百把发就不得了了，加到这一边，那一边就受不了了。这就是"半两拨千斤"的道理。

六、我国国防战略（二）——开发航天技术

中国社会科学院美国研究所和国务院国际问题研究中心的张静怡同志认为，"'用兵'之道尽管千变万化，但就解决国与国之间冲突而言，'兵'的基本职能仍然是两个，其一是实战，其二是威吓，说白了，一是为'战'，二是为'看'（即通过恰当地利用'天时、地利、人和'诸般条件，巧妙地显示军事实力，使对方产生一种疑虑重重，对我怯战的'观感'和心理，从而达到'不战而屈'、'不战而止'或以小战而取大胜的目的）。今后的趋势是，为'看'的作用日益上升"①。这是当今世界格局的一种实际现象，在前面我强调了有限战略核力量的重要性，也是这个意思。

① 国务院国际问题研究中心《研究报告》特刊，1986，1：9.

宦乡同志也同意为“看”的观点，他和张静怡同志[①]都非常强调海军的作用，建议在今后的岁月里，我国海军不但不能缩减而且要扩编。这是一种可能的做法，是历史上通用的办法。近两个世纪以来，哪个帝国主义国家不是用远洋海军作为显示国力的？但我想今天的世界毕竟同过去二百年的世界不同了，远洋海军可能并不是我国最好的投资：我们要考虑到第三世界各国人民的反应，这是重要的政治因素；也要考虑到建立和维持一支足够强大的现代化海军所需要的大量费用（如美国建造一艘核动力航空母舰连同飞机等装备，大约要一百亿美元），这是重要的经济因素。所以我认为，我们应该考虑另一种做法，比起传统炮舰主义更现代化的，可以说是21世纪为“看”的力量——航天力量，即用开发航天技术来显示国力军力。

人类征服世界是从陆地到海洋，从海洋到空中，再从空中到天上的。陆地的局限性很大，航海、航空和航天则能使人们到达地球上任何一点。而三者比较起来，又以航天飞行器（包括人造卫星、航天飞机和空间站等）巡航速度最快，能不到两小时绕地球一周。所以为了在全世界显示实力，航天技术有极大的优越性。这也是为什么美国人在十年前就宣传他们所谓“高边疆”计划的道理。

在我国开发航天技术的条件已经具备，技术、生产、发射服务和地面测量通信网已大体成套。现在即将开展为国外发射卫星的业务。人造卫星除了具有重要的军事侦察和通信等功能外，还有许许多多民用功能。仅在通信和广播方面的作用，在我们这样的广阔国土上就是无可代替的。现在不是说农民都认识到教育的重要性而在修造小学校舍吗？校舍好修，但合格的教师难觅呵。通过卫星广播的电化教育不就从千里之外请来了高水平、高素养的教师吗？此外还有气象卫星、资源卫星、测地卫星等，它们在社会主义建设中的作用就不必在此多说了。

当然，要在21世纪显示我国的力量，只发射各种人造卫星是不够的，还要进一步，登上航天技术的第二个台阶，即空间站。它可以带人，在天上长期工作，人员还可以往返于地面和空间站之间。这就要求：第一要把重量较大的空间站送入轨道；第二要有把人员及物资给养从地面送到天上的运输工具。初期可以用一次使用的运载火箭，这我们已基本掌握，但为了提高效益，降低费用，还要发展可以多次使用的航天飞机。在21世纪，美国“挑战者”号那样的航天飞机是要被淘汰的，代之而起的是水平起飞，水平降落，喷气发动机和火箭发动机并用的空天飞机（transatmospheric vehicle)。我建议我们跳过目前的航天飞机，直接研制空天飞机，中国的科技人员是有这个志气和能力的。

这就是我建议的国防战略的一个方面——开发航天技术，它是一种亦军亦民，以民用为主，而又带有军事遏制作用的技术。当然，作为交通运输工具，航海和航空技术我们也一定要大力发展。

---

① 国务院国际问题研究中心《研究报告》特刊，1986，2：14.

七、我国国防战略（三）——打好小仗

现在讲一讲打小仗的问题，也就是打像"南方战场"这类的小仗。美国和一些西方国家称为"低强度"的战争也归入此类。这类战争的特点是：一般发生在世界范围内的局部地区，或某些国家的局部边界地区，战争的规模比较小、战争的时间长短不一，长的可达几年或更长，短的只有几天，甚至几小时。

为对付这种"低强度"的战争，美陆军 1936 年版《作战纲要》"要求具有特殊的兵力编成和特混编组，进行快速部署"。在美、英、法、德等国陆军的编制中，都组建有专门的快速反应部队，如美国 1986 年师的编制中就先后组建有第 7、第 9 轻型步兵师。它的特点有：

（1）人员少。全师只有 1 万人，分 4 个旅，其中 3 个地面机动旅，1 个战斗航空旅。

（2）机动性强，装备现代化程度高。这种师一般装备有快速攻击车，多用途运兵车，新的中、轻型榴弹炮和多管火箭炮及防空武器，先进的攻击直升机和运输直升机，先进的战场目标侦察、监视、指挥、通信和情报系统以及电子战系统等。

（3）部队训练严格，作战能力强。这种轻型师是一种快速部署部队，是按照强行入境作战的要求组建和进行训练的。组建后的部队，都要在美国加利福尼亚州全国训练中心针对各种自然条件和地区特点，接受高强度、高难度的训练。训练中广泛使用多用途激光交战模拟系统，部队经过模拟训练后即可进行逼真的对抗演习。这种轻型师既可以单独用于对付"低强度"战争，也可以在中、高强度的战争中，快速地用来加强前沿部队的力量，成为主力部队的一个重要组成部分。

这些国家的陆军除组建有专门的快速部署部队外，有的国家如联邦德国、挪威、瑞士、法国、意大利、苏联、印度等国，在陆军建制中还有专门用于山地作战的部队，或把山地作战作为部队的重要训练科目，有时还针对山地作战的特点进行军事演习。苏联、联邦德国、法国等国还对现代条件下山地作战理论，进行了专门研究，发表了不少关于山地作战理论方面的文章。

我们国家幅员广阔，地形和气候条件很复杂，东北、西北、西南及南方边界地区自然条件各不相同，而边界局部地区的小仗也时有发生。这种小仗可能是我们在 2000 年之前，到 21 世纪初主要的战争样式。对付这种小仗，我们完全没有必要搞很大规模的常备部队，这就是说，要搞些常备的、能打这种高水平小仗的部队，这是我们平时必须保留的、精锐的、可以马上打仗的部队。它相当于国外专门用来对付局部地区和"低强度"战争的部队。

然而，目前我们军队编制中还没有组建专门用于打小仗的部队，我们的正规部队中也没有专门用于像"南方战场"这类山地丛林作战的部队。因此，我认为

在 2000 年之前，应该认真地从军队的编制上、装备上，解决一下打小仗的问题。我们应该尽快地使我们的国防力量中有一支精锐的、适合于打局部地区发生的“低强度”战争的部队。这类部队组建后要针对我国不同的自然环境特征，特别是针对山区作战的特点，进行严格的军事训练。另外要用我们已掌握的科学技术，发展一些适合于打这类小仗的武器装备。这方面的问题，我看必须放在我们的中长期计划里解决一下。因为解决这个问题是有好处的，“南方战场”是 20 世纪 80 年代的实际战场，它的经验是实战经验，有了适合打“南方战场”这类小仗的部队，解决好适应这种部队打仗用的武器装备，对将来打较大规模的战争也是一个基础。

关于“南方战场”存在的后勤保障困难，军队横向机动不方便的问题，解决起来有一定难度。目前国外解决这一问题的办法是采用直升机，如攻击直升机、运输直升机、侦察直升机等。我们恐怕也只有走这条路，因为直升机在山地作战中有许多优点，运输直升机可遂行后勤支援，将人员、物资装备，从山谷送到山上任何位置，可将部队运送到作战地域，或运到敌人的后方实施突击作战；攻击直升机可遂行作战任务，隐蔽接敌，攻击敌掩蔽部、火力阵地、观察所等固定目标和攻击敌行军纵队、地面车辆等运动目标：侦察直升机可遂行侦察任务，给指挥员提供及时准确的情报等。因此，德国、法国、苏联等国山地部队都配备有一定数量的直升机，苏联 1979 年入侵阿富汗后，苏军装备的米-24 武装直升机在镇压阿富汗人民的反抗，对付阿富汗游击队的作战中发挥了很大的作用，阿富汗战场也成为苏军使用直升机进行山地作战的训练场。西方军事领导人认为，“直升机在今天和未来，必将成为山地作战的一个关键因素”、“直升机将彻底改变以往山地作战的概念和理论”。当然，未来的战争不会都在山地进行，但对我们这样一个多山的国家来说，山地边界这么长，充分利用好山地特点，在未来的反侵略战争中无疑是非常重要的。况且，从 70 年代后期起，直升机作为“异军”突起，外军不仅在山地作战部队中装备，而且在常备的陆军部队也大量装备，如美国新编 86 年重型师和轻型师都编有战斗航空旅，装备近百架直升机。可见直升机已成为外国陆军中的一支突击力量。因此，我建议在研究我们的山地作战理论时，在考虑发展适合打“南方战场”这类小仗的武器装备时，也要把直升机列入计划考虑的内容。

八、养兵与用兵问题

养兵与用兵归根结底是部队的组织结构问题。随着科学技术的发展，新式武器装备不断涌现，战略战术不断变化，再加上军费的限制，必然导致部队组织结构的不断更迭。只有这种变革，才能充分发挥武器作战效能和保证战略、战役理论的实施，才能充分发挥诸兵种的作用。因此，对部队结构进行适时的变更是部

队建设的一项重要内容。第二次世界大战之后，欧美国家的部队结构都做过多次变化。例如，联邦德国陆军自 1955 年 11 月建立以来经过四次改编；法国陆军自 1976 年以来进行了两次重大改编；英军在马岛之战以后改编了陆军部队；美国从 70 年代末至今提出了空地一体作战理论，组建适于中、低强度作战的轻型师等。尽管这些改革的形式各异，但共同遵循的原则是适应 80 年代至 90 年代作战的需要，适应军事技术发展，适于装备新式武器；增编适应新的战略战役理论的部队；增强部队的机动性、火力和突击力，协调诸兵种的比例；提高部队的指挥效能；适应军费不足的局面，精简兵员。

当然西方国家部队结构的改革还会继续下去，议论最多的是美国，比如美国驻北约盟军最高司令罗杰斯 1985 年 12 月主张取消三军军种部长，保留军种参谋长，加强参谋长联席会议主席及各联合司令部司令的职权。主张参谋长联席会议主席担当军事指挥职责，成为总统的主要军事顾问。又如美国国防大学出版的《改编美国武装部队》小册子主张：根据美军当前担负陆战、海战和战略报复作战这三大任务，将现编陆海空三军，改编为陆军、海军和战略报复军三个新的军种。新的陆军除地面部队外，还包括原空军的战术航空部队、空运部队，原海军的海运部队；新的海军以舰队为主；新的战略报复军由空军改编而成，它包括洲际弹道导弹、潜基弹道导弹、战略轰炸机和弹道导弹防御部队，本土防空部队及战略电子化作战指挥部队。这些方案都反映出一个迹象，即为了适应未来 21 世纪的作战需要，美国军队的结构可能会有较大的变化。

我军从红军、八路军、新四军一直发展到现在的人民解放军，它的组织结构也几经变化，目前的体制是在 40 年代末至 50 年代初确立的体制基础上发展起来的，现在已经成为一支包括陆海空三军及战略火箭部队的强大的人民军队。但是，随着新式武器装备的发展，新的战略、战役理论的变化，要适应未来二三十年战争的需要，在国家不可能拿出许多钱作为军费开支的情况下，人民解放军的现行体制也要有很大的变化和改善，其目的是在完成上述三项国防战略任务的前提下，还要考虑打中等规模的战争，像 50 年代的抗美援朝战争和 1979 年的对越自卫反击战。也就是说，我们要摆出能打这种仗的架势，目的是遏制这种战争的发生①。这样我们就可以再进一步大大压缩军队的员额，节约出费用来加速提高我们的装备技术。

在研究我军这种新的体制结构时，我建议把养兵和用兵分开。这个概念曾有人提过，不是我的发明。养兵就是建立由战斗员和武器装备组成的集体，包括人员训练、武器装备的采办、部队管理和后勤保障，这些工作应在军委总部领导下由各军、兵种负责。用兵就是作战指挥，利用电子化作战指挥系统、情报系统部署并使用兵力进行战争。将来用兵的指挥线可能是党中央-中央军委、总部-各战

---

① 糜振玉. 2000 年军事战略目标选择.

区司令部。这种把养兵与用兵分开的作法国外早就有了。例如，美国从 1958 年以后军队体制中就有行政管理与作战指挥两条渠道，实际就是养兵和用兵两个渠道。行政管理渠道是国防部长-军种部长、参谋长-各联合司令部下属的军种部队司令部。军种司令部只负责本军种的行政管理、部队建设、战备训练、兵役动员、武器装备研制采购和后勤保障；作战指挥渠道是总统-国防部长-参谋长联席会议-联合司令部或特种司令部。

我认为军队发展下去必然是专业化的，也就是兵种要增加。将来专业兵种可能不止几个，甚至会几十个，负责平时部队的训练，即养兵。另一方面是根据我国可能会有的各式各样的战役作战，研究将来战争中可能的战区，每个战区都要设置一个司令部。这些司令部负责用兵打仗，但它平时没多少兵，当有战争时，才把各有关军、兵种的部队调给它指挥。平时主要搞作战模拟和军事演习，研究作战方法，通过战区级常规战争的战役、战术作战模拟，评估战区一级使用常规武器摧毁各类目标的效能，确定对各类武器的需求，设计并评估一体化作战战场，找出影响整个战区作战的各种主要因素等。通过军事演习验证战役战术理论，演练部队的战斗能力及师以上合同作战的指挥、协调能力。

养兵要强调训练，平时要培养适应未来战争需要的战斗力。今后部队军士、干部的个人培训可能以院校为主。部队集训则需要一些训练中心。这里介绍一点美国情况。美军从 70 年代以来部队集训的一种方式是利用训练中心，现在美国三军都有自己的部（分）队训练中心：陆军有全国训练中心、寒带作战训练中心和热带丛林战训练中心；海军陆战队有陆空联合训练中心；空军有彩旗计划训练中心。其中影响较大的是陆军的全国训练中心和空军的彩旗计划训练中心。前者主要轮训美国本土陆军的装甲营，机械化步兵营及旅级司令部人员。一次可训练两个重型营和一个旅级司令部。它全部建成后，每年可轮训五十个营特遣队和二十一个旅司令部，美国本土的所有陆军营每隔一年半就可到这里轮训一遍。空军的彩旗计划是分别对战术战斗机、截击机的驾驶员、指挥参谋人员进行飞行训练、电子化作战指挥训练和电子战能力训练。用 F-5E 飞机模拟苏联的作战战术及作战能力，模拟作战环境，使飞机驾驶员受到强化训练。这些训练方式可供我们研究借鉴。

我们也应该有适合部队集体训练的训练中心或训练基地，训练我们的营、团级部队在寒带、热带丛林地区、荒漠山地和海岛滩涂进行常规作战的能力和指挥能力；训练我们部队在核生化作战环境下，在模拟电子战环境下，在模拟敌人战术及战斗能力的环境下营团级部队的作战战术和指挥能力。最近我人民空军已经建立了第一个飞行员训练师，这是空军训练体制改革的一大突破，为今后的航校-飞行员训练基地-战斗部队的训练基地这样一种训练体制奠定了基础。我想，除了这种训练师外，恐怕还要建立一种适于飞行中队一级模拟敌作战战术、作战

环境的训练中心，使部队的整体作战能力得到良好的训练。

九、战争动员问题——为打中等规模战争作准备

为了摆出能打中等规模战争的架势，我们要认真作好打这种仗的动员准备。因为这种仗持续时间不会短，消耗比小仗大得多，除了要动员兵力外，还需要动员全国相当大一部分财力和工业生产能力，而这是要在平时有准备才行的。

在军品生产上，要安排好战争动员的优先次序问题。仗打起来后，为了保障继战能力，可能首先最急需补充的是弹药和零部件，其次是替代和补充武器装备的损耗，再就是根据作战需要研制新型武器装备。弹药不仅包括普通弹药，还包括在未来作战中可能消耗很快的精确制导弹药。为了快速实现从平时到战时生产的转变，要分析哪些生产环节是最薄弱的，预先采取措施加以解决。如美国《信号》(*Signal*) 1986 年第 1 期发表了一篇海军作战部办公室 Libicki 写的题为“国防电子工业的动员问题”的文章，他分析了一些生产中卡脖子的环节，称为“瓶颈”(bottleneck)，认为美国的精确制导武器现在每天是一班工作制，战时可以改为三班制，增加生产，但测试设备现在就是 24 小时运转的，没有什么潜力可挖了，成为“瓶颈”。另外，混合集成电路、微波器件、行波管生产能力有限，微电路生产、组装对国外有依赖性，这些都可能是“瓶颈”。尽管这些问题发生在个别元件或基础环节上，但它可能导致整个武器系统动员能力推迟好几年。因此，我们必须重视这个问题，找出消除“瓶颈”的方法和对策，以便提高整个工业生产的战争动员能力。

用柔性自动化生产系统改造军工企业是提高军工企业战争动员能力的一种革命性措施。所谓柔性制造系统，简单地说就是将数控机床、自动化机器、工业机器人、电子计算机等为主体的硬设备，按系统工程的原理把它们组织并运行起来，成为制造过程高度自动化的生产系统。一般来说，该系统有以下几个优点：

(1) 由于生产制造用计算机控制，因此能迅速适应多变的新产品生产，大大缩短生产周期。

(2) 改变了传统的生产线上人机之间的直接联系，实现高度自动化，保证产品的高质量。

(3) 可最大限度地发挥生产设备利用率和降低成本。

柔性制造系统可使当前约占整个社会生产量 70%的多品种、小批量生产实现高度自动化，同时也可使目前 70%的固定性自动生产线具有一定的灵活性。推广柔性制造系统可使整个社会的劳动生产率提高一至四倍以至更多。从目前世界上已运行的近二百套柔性制造系统的平均技术经济指标看，它比传统的机械加工方式减少 50%的机床，70%的人员，50%的工装成本，可缩短重新调整设备时间六倍，降低成本 20%，零件加工质量有了可靠的保证。我这里列了一个表，

对四种不同生产设备加工相同的 12 000 个零件，其生产效益的比较。从中可见，柔性制造系统的生产效益最高。如表 2-1-1 所示。

表 2-1-1　四种不同生产设备加工相同的 12 000 个零件的生产效益比较

	专用机床/%	自动流水生产线/%	加工中心机床/%	柔性制造系统/%
总加工费用	100	185	135	70
机床利用系数	100	60	50	140
零件成本	100	123	90	72

我在这里宣传柔性制造系统是要引起大家的重视。几乎任何新技术的出现，都是首先在军事上得到应用和推广的，在现代条件下军工生产的特点是批量小、品种多、型号设计多变、新产品试制频繁、不断采用新材料和新工艺，产品质量要求高且稳定等。这些正是柔性制造系统可以发挥优势的地方。同时，采用柔性制造系统及有关技术，平时可为国民经济服务，提供质优价廉新颖的产品。因此，它是实现军民结合的一项带根本性的技术措施，我们应该认真对待，把使用与推广柔性制造系统提到战略地位的高度。

十、有关军队人员培养问题

军事技术的进步对军队人员素质的要求也随着提高了。新技术革命必将带来军事技术的迅速发展，军队将成为知识密集的部门。军人特别是指挥人员和参谋人员，必须要具有高度的科学文化知识，才能熟悉武器装备的性能。平时能指导和训练装备有各种新型的、复杂武器系统的部队，战时能熟练的指挥和组织作战。这就要求他们要掌握现代作战理论，熟悉自动化指挥程序和指挥设备的运用知识。现代技术可以减轻人员的体力劳动、缩短操作过程，但是它却增加了官兵的智力负担。因此，发达国家对军队的教育训练都很重视。美国仅在院校训练方面每年就要花一百多亿美元。苏军从 60 年代起就把原来的中级军事院校改为高级军校，学制由两至三年改为四至五年，课程由中专水平提高到大学水平。院校教学大纲和内容也随着军事技术的进步而不断修改，增加新的内容。很多军官要几次进院校或者参加函授，以便充实和更新知识。在军队中服务的文职人员，很多都是专业技术人员。官兵中，工程技术人员的比例显著增大，其中技术军官的比重更大。例如，在第二次世界大战末期苏联军官中工程技术人员所占比例不到 20%，60 年代初增加到 38%，现在的比例更高。

在未来的战争中，将广泛使用各种先进武器系统，战场情况错综复杂，瞬息万变，单一兵种的独立作战将越来越少，更多的是合同作战，除陆海空军协同作战外，甚至还有天军参战。这就增加了作战的复杂性，从而对指挥人员的科技文化和军事素养提出了更高的要求。

战争的客观条件仅仅为战争的胜负提供了可能性，要把这种可能性变为现实性，起决定作用的是人的能动性。我军在过去的战争中，以劣胜优就是充分发挥人在战争中的作用的一个典范，巧妙的指挥，能够以寡敌众，转弱为强，说明在一定条件下，精神力量又可发挥着决定作用。现代电子计算机技术和运筹学在军事上的运用，为发挥人的能动性提供了更先进的工具和技术，军事指挥人员必须掌握使用它们。但“电脑”终究不能全部代替人脑，许多精神、思想因素是计算机无法进行定量分析的。由计算机提供的各种方案，还要由指挥员依据战场实际情况进行选择决策。

从国外情况看，各国都很重视现役军官的培养问题。据 1983 年有关资料报道：美国军官 97.2%都是大学毕业；苏联全军受过高等教育的军官比重已上升到 70%，其中旅以上全体军官，几乎所有团长和所有一、二级舰长都受过高等教育。日本自卫队具有大学文化程度的官兵也逐年增多，随着军事科学技术的发展和武器装备的现代化，日本自卫队越来越重视提高官兵的文化，到 1981 年的统计，大学毕业的军官已达到全部军官的 51.6%，而且平均每年增长 1%。美国 1986 年版《作战纲要》强调：“战争是由人而不是由机器去进行并取胜的。一如既往，人的因素将在未来的战役和战斗中起决定作用”。“未来战场上的战斗环境……将要求指挥人员具有极大的才能、想象力和灵活性”。

目前，我军的干部战士文化水平比较低，士兵中大部分人只有小学、初中的文化程度，达到高中的不多。干部以前大部分都是从士兵中选拔的，这样的水平无法适应现代化作战的需要，听说近几年在“南方战场”上，从院校毕业的初级指挥员在打法上就灵巧多了。为了应付 21 世纪可能的战争，需要把我军培养成一支现代化的军队，干部要逐步达到大学毕业的水平，这是肖克同志首先建议的，并已取得中央军委的同意。现在我进一步建议：在此基础上，师职干部要是硕士，军职干部要是博士。战士的文化水平也要相应地提高。因此，我们的军队院校应作好培养人才的工作，同时也要加强在职干部、战士的教育、训练工作。

以上就是我要讲的内容。在形成这些思想的过程中，常常得到国防科工委科技委同志们，特别是王寿云同志的帮助；国防科工委情报研究所的赵澄谋同志、李佑义同志、李传滋同志、张维德同志和胡大庆同志，国防科工委系统工程研究所的斯源鸿同志和胡晓惠同志提供了资料。我对他们表示感谢。

第二节　军事技术装备与战役理论的关系*

战役理论的产生、完善和发展与军事技术装备之间的关系是辩证的。

---

* 本节内容原载《军事学术》，1986 年第 11 期。

一、军事技术装备是产生战役理论的物质基础

恩格斯在论述军事学术理论时，曾强调指出，“军队的全部组织和作战方式以及与之有关的胜负，取决于物质的即经济的条件；取决于人和武器这两种材料，也就是取决于居民的质和量和取决于技术”①。

第二次世界大战时，德国在战争初期采用了“闪击战”打法。它之所以能采用这种战法，主要是德国在战前的六年准备时间内，军火生产增长了 21 倍，当时德军拥有坦克和自行火炮 5600 多辆，作战飞机 10 000 余架，火炮和迫击炮 61 000多门。另外，它还采用当时先进的技术，生产装备了无线电通信系统，使德军的司令官在接收情报，作出决策，并将决策内容传达给下属指挥官的速度方面比对方占有较大的优势。德军司令官借助无线电通信系统，其指挥位置可尽量前移而不会影响与最高司令部的及时联系，因而较对手能更清楚地了解战场情况。这些条件，使德军在战争初期得以在空军配合下实施“闪击战”。而在战争初期，苏军则遭到重大损失，只能处于防御地位。但到 1942 年底，苏联的工业已完成转入战争轨道的过程，大量的武器装备和军用物资源源不断地投入战场。优势的军事技术装备为苏军组织实施“梯次配置”和利用战役快速机动集群进行“大纵深作战”的战法提供了雄厚的物质基础，而苏军的“梯次配置”和“大纵深作战”的战役理论也在作战中得到进一步的发展和完善。

在当代，20 世纪 70 年代后期，美国陆军和北约最高司令部分别提出的“空地一体作战”和“打击后续部队”的理论，也是这一辩证关系的一个有力的佐证。从 70 年代开始，美国及其北约盟国为了同苏联争夺常规力量的优势，利用他们在计算机和微电子学等高技术方面的优势，开展了一系列常规武器和战场用电子设备的发展计划，如 M-1 型坦克、M-2 型步兵战车、MLRS 多管火箭炮、“潘兴-Ⅱ”战区导弹，带大面积反装甲弹头的全天候、远射程的联合战术导弹，反装甲的精确制导弹药，AH-64“阿帕奇”新型攻击直升机、F-15 和 F-16 型战斗机，改进的 F-111 型战斗轰炸机，以及电子化作战指挥（C^3/I）系统和各种战场目标侦察监视系统、电子对抗系统等。这些新的武器装备使美军和它的北约盟军有能力对敌方 100～150 公里纵深的目标，即敌第二梯队的目标实施攻击。这也是他们分别提出“空地一体作战”和“打击后续部队”理论的物质基础。

上面这些事实表明，战役理论的产生、完善和发展，都必须以一定的军事技术装备为基础。

二、军事技术装备的发展推动战役理论的发展

目前苏军进攻部队的“梯次配置”和利用快速战役机动集群实施“大纵深作

---

① 马克思恩格斯选集（3 卷）. 北京：人民出版社，1971：210.

战”的战法，在第一次世界大战时就已经出现，只不过限于当时的认识和军事技术装备的性能，这种战法未能得到充分发展。到第二次世界大战的中、后期，特别是苏军开始总反攻阶段，大量新的坦克、火炮，如有名的“喀秋莎”火箭，以及新的飞机等源源不断地投入战场，为苏军有效地使用这种战法提供了很好的物质基础。这种“梯次配置”、“大纵深作战”的理论在反攻阶段的战役中也得到了充分的发挥。因此，战后苏军通过总结才形成比较完善的“梯次配置”、“大纵深作战”的战役理论。但是在当代，由于陆军兵器的火力杀伤纵深大大增加，可远达 300 多公里，其中火炮的杀伤纵深可达 40 公里，战术导弹的杀伤纵深在 200 公里以上，这些武器不仅射程远、射速快和命中精度高，而且威力大，可远距离先敌开火，夺取战场的主动权。特别是作为陆地战场重要突击力量的直升机的应用，对作战理论和作战方式都产生着重大的影响。

另外，美国精确制导武器、定向能武器、粒子束武器、电磁武器、人工智能武器、隐形飞机和军用机器人，以及高性能的电子化作战指挥系统、目标搜索、监视系统等的发展，又推动着美军从目前的“空地一体作战”理论进一步发展和变化为“2000 年空地一体作战”的理论。

从这里可以看出，军事技术装备不仅是建立战役理论的物质基础，而且它的发展也必将推动战役理论的发展。

三、战役理论的发展将影响和指导军事技术装备的发展

马克思主义哲学认为，“认识是从实践中产生，随着实践的发展而发展的，它又转过来为实践服务……”战役理论是通过战役行动的实践总结出来的带有规律性的东西，它必将反过来指导战役行动的实施，指导用于实施战役行动的军事技术装备的发展。

例如，美国陆军和北约盟军最高司令部提出的“空地一体作战”和“打击后续部队”的理论，用他们现有的武器装备就可以实施，但是要达到这些理论所强调的协同纵深战斗和前沿战斗，用空中力量和地面的远程战术导弹，攻击敌方距前沿 100～150 公里内的有价值目标，阻止或迟缓敌方第二梯队投入战斗，为确保歼灭敌第一梯队的效果，仅靠现有的和即将投入战场的武器装备，其性能还是不够理想的。因为要实施纵深打击，就必须首先要清楚地知道对方纵深内目标的位置，目标的性质和数量。这就要求有对敌方纵深进行大面积搜索、跟踪的手段，和对这些目标进行有效攻击的工具；要使纵深打击与前沿战斗密切地协调，就要求有高性能的战役指挥、控制和通信系统，要求作战部队和后勤保障有快速机动的能力等。因此，目前他们正在按照实施这种战役理论的要求，利用技术方面的优势，发展联合监视及目标攻击雷达系统（JSTARS），精确定位打击系统（PLSS），高级合成孔径雷达系统（ASARS），高性能的战术数字数据通信、指

挥系统。美国陆军、空军还在共同发展联合战术导弹系统（JTACMS）、空中投掷的集束式武器系统以及各种精确制导导弹和新型的坦克、火炮、反坦克与防空武器系统。这些武器系统一旦投入战场使用，无疑将大大增强美国和北约国家常规武器威慑力量，大大提高“空地一体作战”和“打击后续部队”理论的有效性。

综上所述可以看出，军事技术装备与战役理论的关系是互相影响的辩证关系。

四、我国军事技术装备的现状和今后发展的潜力是研究我军战役理论的基础

在研究我军的战役理论时，既要研究国外的，特别是美、苏现代的战役理论，研究他们的军事技术装备水平和今后的发展趋势，又要对我们国家自己的军事技术装备的现状和发展潜力作仔细认真地研究，要结合我们的政治、经济、自然条件、工业能力、技术水平以及过去战争的经验等去研究，对情况要做到了如指掌，心中有数，这样我们才能做到像孙子兵法中说的那样“知彼知己，百战不殆”。

我们国家目前在常规武器装备方面，相当于美、苏 60 年代初期的水平，坦克、火炮、飞机、反坦克武器、防空武器，虽然质量不很高，但数量都有一些，战略核武器也有一些，地地战术导弹目前还是空白；战场目标侦察、监视、战术电子化作战指挥系统数量少，质量差；空中支援、装甲力量、机动能力、后勤保障等还存在不少问题和困难。在高技术方面，如计算机、微电子、人工智能等技术同外国先进国家相比还很落后。到 21 世纪初，这种情况会有改善。因此，展望今后二三十年，我们要对我国可能的军事技术装备水平作出实事求是的分析和判断，以此来研究发展我军的战役理论。

第三节　我国国防经济学所面临的任务*

同志们：

刚才，洪副秘书长①讲得非常重要，把国防经济学在我们中华人民共和国有什么样的任务讲得很清楚了。我想，可不可以借中央领导同志对于十二届三中全会《决定》的评语，把它概括成一句话：就是要建立一门把马克思主义的基本原理同中国革命的实际相结合的国防经济学，我们的任务就是要建立这么一门学

---

* 本节内容是钱学森在 1985 年 1 月 23 日在北京召开的我国第一次国防经济学讨论会上的专题报告，原载《国防经济学论文集》，由解放军出版社 1986 年 3 月出版。

① 洪学智，时任中央军委副秘书长，总后勤部部长.

问。首先，我们不要忘了马克思主义的基本原理，我们要用马克思主义的基本原理来指导我们国防经济学的研究工作。而要完成刚才洪副秘书长给我们讲的任务，还必须结合中国革命的实际，结合中央提出的翻两番，建设两个文明的任务，包括我们国防建设的任务。所以形象地说，我们的奋斗目标是，将来有朝一日我们能够写出一本书来，这本书能够得到中央好的评价，说这个挺不错，是马克思主义基本原理同中国革命实际相结合的国防经济学。那样，我们在座同志的这个讨论会就算很好地完成任务了。

下面，我作为参加讨论会的一员，对如何开展我国国防经济学的研究提几点不成熟的意见，和同志们一起探讨。

第一个问题是国防经济学在经济科学体系中的位置。现在经济科学的学科很多，国防经济学和其他经济学科是什么关系？我以为经济科学属社会科学这一现代科学技术大部门，它本身也有个体系。在经济科学基础理论层次的经济学有三大部分：一部分是政治经济学，一部分是生产力经济学，还有一部分是金融经济学。我加的是金融经济学。大家从前看不起金融的学问，好像我们社会主义怎么还有金融的问题？现在我们认识到这个问题确实很重要：大家都说我们银行里存了好多钱，但是不会活用，发挥不了作用，这就是金融经济学。我们从前不重视这门学问吃了亏。在外国，银行是很了不起的，它起很大的作用。银行有什么？就是钱。钱用得好，对我们社会主义建设会起很大作用；用得不好，相对地讲就有损失。在经济科学体系的中间层次是方法、技术性学科，如数量经济学。数量经济学的分析方法各门经济学科都要用。

在经济科学体系基层的是直接解决经济问题的学问，如工业经济学、农业经济学、国土经济学、生态经济学等。我们国防经济学也在这一层次，可以称作是部门经济学之一。我们研究国防经济学必须立足在政治经济学、生产力经济学和金融经济学的基础之上。这样一个结构，大家看看行不行？有没有道理？这样一个结构就明确了国防经济学的左邻右舍的关系。

第二个问题是分析国防经济学中错综复杂关系要用系统工程。我们是社会主义国家，我们的经济是有计划的，而计划是一个定量的问题，少了不行，多了也不行，轻了不行，重了也不行，非得恰如其分。所以，国防经济学要是一门定量的学问，它是一门科学，因此要结合现代化的一些方法、系统工程的方法和系统科学的方法。

这里我可以举一个例子。我们航天工业部信息控制研究所去年接受了国家体改委的一项任务，是关于解决我们国家粮油价格倒挂的问题。有的说 1983 年是 400 亿，有的说 500 亿，大致这么个数目。不是 40 亿、50 亿，而是 400 亿、500 亿！如果听任它照着现在这样倒挂下去，就只有一年比一年坏。因为农产品在增加，将来不是 400 亿、500 亿了，可能弄到 1000 亿，这还得了！对此多年做经

济工作的专家有很多很好的意见，但都不能定量的，因此行不行得通，都不能写保票！这样，国家怎么下决心呢？同志们知道：控制导弹飞行是要非常准确定量的。我们讲系统的稳定性，就要定量，一点不差，多了一点就坏了，少了一点又不行了。所以后来把这项任务交给了航天工业部的信息控制研究所。这个所就是用他们那一套系统工程的方法去解决这个问题。当然，他们不懂经济，就去请教，向有经验的经济专家请教。需要大量的统计数字，就到各个部门去收集。他们把三样东西结合起来，一个是经济专家的经验、见解，一个是统计资料，实际的数字，再有一个是他们的系统工程的方法。当然分析工作是很复杂的，大概有100多个方程式，几百个参数，在北京市的支持下用了一台大概每秒钟100万次的计算机，反复计算。每次计算的结果都拿去向经济学家请教，征询他们的意见。如果经济学家说在某一点上还可以改进，就把经济模型调整一番，然后再算。最后算到经济学家都满意了为止，到去年八月份结果就出来了。他们的结论就是，如果农业的产值每年递增596，轻工业696，重工业796，他们叫“五、六、七”，超过了这个增长率，那么就可以调整粮油倒挂的物价，没有危险，不会出问题。这就像我们在最后确定卫星发射不发射的时候，领导问，到底成功的几率是多大的时候，总设计师说：“我看可以成功”这个结论是一样的，是负责的，他有数。

可见，这不是工程技术上的问题，超出了工程技术，而是社会上一个复杂的经济或者政治方面的问题，但用现代科学技术的系统工程方法也是可以解决的。所以，我觉得我们国防经济学前途也是这样，我们要很好研究和使用系统工程的方法。

第三个问题是我们国防经济学工作者思想要解放。现在这个世界变化、发展非常之快。我们搞改革，首先思想要跟上。这个问题很多的同志写文章，或做学习十二届三中全会《决定》辅导报告，都提到了。《红旗》1985年第2期上面就有一篇陈良谨同志写的文章，题目是“面对新的技术革命要树立新的观念”可以参看一下。我们面临着这么一个新的急剧变化发展的形势，脑子里有许多和这不大适应的想法、概念、观念，要清除一下。如果我们满脑子是一套老的不切现在实际的想法，而你又根据这套想法去研究国防经济学，那就不行了。要符合现代科学技术发展，符合现在实际才行。我觉得，我自己有很多事情跟不上，正要学习。怎么学法？报刊当中天天发表的各方面的发展都是学习材料。再看得远一点，将来怎么样，那就是关于新技术革命的对策问题了。我们要研究新技术革命，研究我们的对策。那么，新的技术革命到底是什么东西？现在文献多得很，天天都一沓子，都是讲新技术革命的，一定要看，其他外国的材料也要参考。大家知道有两本书，一本叫《第三次浪潮》，这是托夫勒写的，还有一本叫《大趋势》，是奈比斯特写的。这些书我们国家都翻译出来了，作者实际上都是新闻记

者式的人物。他们写的东西，也很形象，很生动，可以业余的时候翻翻，看里面讲的些什么。最近还有一本书也是托夫勒写的，叫《预测和前提》，也挺有意思。这些书里讲的，都是在经济发达的国家，像美国所碰到的问题，值得我们参考。例如，他里面说了某些事情没有前途，不能再干了，而他所指的那件事，照我们脑子里固有的想法，好像还蛮有前途，这个就值得考虑了。当然他讲的是资本主义国家的情况，是表面现象，提出来的解决方案就在他们国家也不一定合适，在我们国家更是不一定合适，我们要用另外的方法去解决自己的问题。但是他提出来的问题，是值得我们考虑的。那些现象，在他们那里出现了，影响整个工业生产，也必然引起各方面变化，这个信息值得我们重视。我们虽然还没有走到那一点，还没有出现所谈到的他们那里的问题，但切不要心里茫然，防止将来走到死胡同里去了。人家已经碰壁了，那你就得赶快注意才是。所以，我建议读读这些书，不是说把它搬过来全盘接受了，而是说他讲的那些东西，可以参考。

第四个问题是，国防经济相对于整个国家经济的相互关系，也是国防科学技术相对于我们整个国家的科学技术，或者国防工业相对于整个国家的工业的关系。为什么要提这个问题？因为在党的十一届三中全会以后，有的同志出于要彻底消除极“左”路线这么一个想法，曾经把国防工业、国防科学技术，特别是国防尖端技术，在50年代以后所花的钱，所作的努力说成是极“左”路线的表现。我想这一点在座的同志是不会同意的。问题很简单，假设我们中华人民共和国今后没有原子弹、氢弹，没有导弹，没有洲际导弹，没有我们的国防科技力量，没有我们的国防工业，那么我们国家将会处在什么样的国际地位？我不是说我们在做这些事情当中，在建立我国的国防工业、国防科学技术，特别是尖端技术这些方面没有缺点错误，我们是有的。但不是什么极“左”路线。我觉得这个问题需要澄清。首先是它有很大政治意义，再就是有这么大的一支从事国防科技工业的队伍，你怎么能够说他们都是极“左”路线的产物？对这个问题我们军委副秘书长张爱萍同志已经作出明确回答，他讲得很对，就是要看到国防科学技术跟整个科学技术、国防工业同整个工业的相互关系。

在这里我只举一个例子，现在大家都说电子计算机重要，那么我国电子计算机是怎么搞起来的呢？是先为了民用吗？不是，是为了军用。要没有那个时候，为了军事的需要搞电子计算机，那么今天我们国家的电子计算机工业就更不堪设想，更要落后了。再如我们发展核工业，当然开始的时候是为了搞原子弹、氢弹。现在核工业搞起来了，中央领导同志说核技术、核工业要用到能源上去，现在转到这个方向来了嘛。最近，李鹏副总理明确了，核工业的方向要转到核能和其他的应用。其他的应用，不光是指核能，比如说核辐射的照射，有很大的作用。这一点上我请教过我们朱光亚副主任，确实有很大的前途。再有一个是航天技术，现在我们发射通信卫星成功了，航天技术对国民经济能够做出的事是很多

的，这个问题要解决。解决这一类问题，不能用老办法，就是在国防科研费用中附带一笔，这附带不起。这些方面的发展，都要很多的资金，要认识到这些国防科学技术、国防工业里的成果，的的确确可以为我们社会主义建设作出很大的贡献，从而纳入到国家的计划中去。总之，国防经济学跟整个国家的经济学是分不开的。这样一个概念非常重要，是张副秘书长强调的。

需要提一下的是：苏联老的书上有一种论调，好像国防科技、国防工业是一个独立的部门。这个概念，我觉得至少不符合中国的实际，不行。你怎么独立？现在不是强调独立，而是应当强调它是整个国家的科学技术、经济的一部分。要沟通、搞活，不要分割、搞死。从前我也写过一篇东西，叫科学学，就是把科学技术看作一项社会活动，它对国防、对整个国民经济都起着作用。我把这起了个名字叫政治科学学，因为它涉及政治问题。这个问题我们要很好研究。

第五个问题，武器装备是不是商品的问题。我们科工委的好几位同志也跟我说过这个问题，像今天在座的丁衡高同志就和我讨论过这个问题。武器装备是不是商品，我倾向于说是商品。我们国防工业不能超出十二届三中全会的《决定》。这个《决定》也管我们。《决定》讲，我们是在公有制基础上的有计划的商品经济。整个经济是商品经济，不过它是有计划的商品经济，而且不论指导性计划或指令性计划都要依靠运用价值规律，至于商品的概念，比如说，吃的是不是商品，是商品。汽车、拖拉机也是商品，机床也是商品，生产资料是商品。

有一段时期里，曾经说我们是无产阶级，不当军火商。现在不再这样了，也当军火商了。我昨天刚收到一期美国《航空周刊》（1984 年 12 月 17 日期，21 页）就说，在新加坡有一个公司在卖我们的歼八飞机和强击机。这有什么不行呢？就是卖嘛。现在仗是暂时打不起来的，我们有这么大的工业，搞出口，换点外汇，然后就可以引进新的技术，提高我们的技术水平。这一情况很值得我们大家研究。这样一来，关于所谓军品保密的问题，恐怕也有新的含义。你把好东西保了密，最后吃亏的还是自己。你把它卖出去，赚钱，赚钱多了以后，你又可以提高。要看到先进的科学技术是有时间性的，现在是先进的东西，再过五年就不先进了。你把好东西总放在这儿，过了五年就不先进了，就像人家说我们国营商店似的，进了水果，“留着好的卖烂的，卖着烂的烂好的”。这是一个很不聪明的办法。这样一些事情，我觉得我们搞国防经济学的，应该结合实际，结合当今世界的实际，去研究。当然，我们的核心机密还是要保的，问题在于要根据新的情况重新明确保密的范围。

再回来说武器装备是不是商品。我想是商品，商品怎么定价？自然是由市场来调节的，向来就是这样，价值规律嘛。你的东西好，别人没有，又有需要，你的价格就高；你的东西不好，人家不需要，价格就低。所以，我们如果把军品作为商品，到世界市场上去竞争，能竞争到一个什么样的价格，这就是它的价格。

要是我们部队要买，自己人要买，也脱不开这么一个价格。当然中国人自己买嘛，可以优惠一点，恐怕也不能优惠过头。当然不能敲竹杠，敲竹杠从理论上是站不住的，要抵制它。我们国家是礼仪之邦，讲道理的，道理讲清楚了，歪理就站不住了。所以，军品是不是商品这个问题要研究，研究它可以解决很多问题。现在我们军品价格不行，不能鼓励军工生产的积极性。

第六个问题，执行开放政策，中华人民共和国是世界上的一个国家，面向全世界。小平同志讲，到2000年我们达到翻两番的目标，那时有10 000亿美元的总产值，但是还不够，我们并不以此为满足，我们还要在21世纪，用三五十年的时间，赶上世界先进水平。这对我们的启发、鼓舞很大。我们不能光看到2000年，要看到五十年、六十年后，我们中华民族要成为全世界的楷模。所以我们国家的科学技术，不能只着眼于我们国内。据说罗马尼亚就是这样，为了使他们的科学技术发展前进，做出的产品首先出口，能够出口的才算好，要是一点不能出口，那不能算好。据说罗马尼亚要求所有商品至少有一部分出口，甚至国内供不应求的产品，也要拿出一部分出口。出口是为了拿你这个产品到世界市场上去比，看你比得上、比不上。我觉得这个概念我们也应该有。我听说，航天工业部对运载火箭国内要不要搞两家有争论。搞两家的理由是可以有竞争。我说这个恐怕就有点眼光太短小了，你在家里竞争，得了第一又算什么？要竞争的话，到世界上去竞争么。据说，国家科委的杨俊副主任带了个班子到日本去，日本人就看不起我们。他们承认现在比我们差，还没有用自己的火箭把通信卫星打上去，但它的目标是世界竞争，要赶上法国、美国。我说，中国人也要有点自豪感，我们为什么不能跟日本、法国、美国竞争？因为我们的运载工具有一个很好的基础了嘛。前几年，法国尽出毛病，法国人到中国来很佩服我们，说我们的试车毛病没有他的多，我们是先进的。同志们，是先进的！我国科技人员要有志气，我们已经有很好的基础，就是要进入世界市场。这样才能促进我国的国防科学技术的发展，当然也促进我们国家国民经济的发展。

第七个问题是科学技术人员怎么按劳分配。这当然不只是在我们国防科技工业中存在的问题，但在我们国防科技工业里也是一个十分重要的问题，而且我觉得，现在这个问题搞得有点乱。什么叫按劳分配，按劳分配这个原则当然是很清楚的，就是分配给你的这一部分可以供分配的产品是比例于你所作出的贡献。这是社会主义的原则。这个问题要科学地来研究的话，就有一个脑力劳动力所必需的最低分配问题，也就是分配的下限。在经典著作中，像马克思的《资本论》里称作劳动力的价值与价格，有很详细的论述。当然那里讲的是资本主义社会，劳动力是商品。我们社会主义社会，劳动力不是商品，不能完全搬过来。但按劳分配这个社会主义原则是无论如何也要很好地贯彻的。中央多次讲，中国的知识分子、科技人员已经是工人阶级的一部分，是产业大军的组成部分。无非是分工的

不一样，没有其他的不一样，一个是做体力劳动的，一个是做脑力劳动的。而且科学技术和社会越是发展，体力劳动与脑力劳动的差别也越来越小。这里根据马克思的理论，应该首先明确脑力劳动或科技劳动分配的下限，即必须保证的分配。

我也想过，作为一个科技人员有什么奢望没有呀，我自己想想，没有什么奢望。要说我的希望，就是我今天是个科技人员，我明天明年还能是个科技人员。我相信中国的科技人员基本上也是这么个希望。但是要分析一下，要维持他继续是一个科技人员，需要什么条件？这个条件国家是应该保证的。首先当然是要吃饭，吃少一点可以，但不吃饭不行。要有足够的营养，要不身体搞坏了。适当的营养，是维持生命、维持健康所必要的；这就包括必要的医务、保健、护理等方面。再有一点就是知识是要老化的，现代科学技术发展非常之快。要说一百年前一个人学好了，变成工程师，就可以差不多干一辈子，可以吃老本。现在可不行了，科学技术发展很快，一个工程师要不学习的话，没有再教育的话，可能五年就差一点了。所以，学习、再教育是脑力劳动的必要条件。还有，一个人要有效地工作，还需要有点休息，文体活动总得有一点吧，比如一年有个休假时间等，对这些起码的要求，我们应该有个认识。现在拿这个认识去比我们的实际，有做到的，但很多方面没做到，特别是对我们的中年科技人员，不然怎么会出蒋筑英、罗健夫那样的遭遇呀？他们工作做得很好，但身体不行了。这样的情况我们知道有不少。我觉得这里问题是很清楚的，首先要满足使他们维持作为一个科技人员、知识分子的起码条件，这个最低限度的要求总得有，要不然，知识分子、科技人员就不能维持作为一个知识分子、科技人员了。这是按劳分配的最低限度。总不能再摧毁我们现有的知识分子队伍嘛。

在这个基础上，他工作做得好还应该给予鼓励。中央的精神是明确的，真正有贡献的要给予重奖。但现在奖金的制度有很多问题，它跟对脑力劳动的最低分配问题联系在一起，现在技术人员待遇太低了，用奖金补不可能是长远之计。奖励是应该有的，这里有三种情况：一种是从事于所谓常规性的工作的，比方说计算员、化验员，对这类工作人员的奖励可以用通常的体力劳动奖励的办法，就是你工作做得好坏，劳动态度怎么样，工作效率怎么样？如果吊儿郎当不干事，就要向下浮动；干得好的要奖励，要向上浮动，有奖金。这是常规的，只要有健全的制度，掌握工作做得好或坏的信息就可以考核。现在有电子计算机，可以算，这是很容易做到的。这种奖励不必太大肆宣扬，是常规的事，这是一种。再有一种，就是我们从前常常做的，对工作做得好的劳动模范的奖励，面也还是比较宽的，人数比较多。但表扬一下，没有物质奖励，发个奖状，先进工作者、劳动模范也很光荣嘛。还有一种，第三种，是重奖，就是确实有杰出贡献的，这一类人数不可能很多。太多了也就不杰出了。在科学里头，最高的荣誉是诺贝尔奖金。

诺贝尔奖金一年全世界才几个。要是一年有几千个，那诺贝尔奖金也就不值钱了。有杰出贡献的，要重奖，但是数量不能多。这是要大力宣传的，既是物质的重奖，又是宣传、荣誉。在合理最低分配基础上是不是有这么三种奖励性按劳分配。

我们国防科技工业当中好像有一些做法不尽符合按劳分配原则，这就是国防经济学里的一个很重要的问题，请大家研究。

第八个问题是设备的更新改造问题。对这个问题，国防科工委情报所去年11月有一个研究报告"改造工装、改进工艺，推动国防企业的技术进步"，它是对一个军工企业工艺现状的调查报告。我觉得这个报告很好。报告里提出来一个问题，国防工业的生产装备要向什么方向去发展，这个问题，要明确。生产中有一些老的概念，当今已经不合适了。比如刚才说的《第三次浪潮》、《大趋势》、《预测与前提》等这些书里都讲到，在国外技术先进的国家里面正在发生的变化，一条是一种产品定下来十年不变是不大可能了。现在的产品更新换代非常快，你要有竞争力，就必须符合某一个地区、某一个时期的用户需要，你要非常灵活。这就要求生产技术有新的发展，这个发展，叫"柔性生产"，或叫"计算机辅助设计"、"计算机辅助工程"、"计算机辅助生产"，即"CAD"、"CAE"、"CAM"。这样的生产线是非常灵活的，它不需要有大量的、固定的工装。我从前在工作中对这一点印象是很深的，那工装可是费劲了。现在的生产，用电子计算机作辅助设计、电子计算机辅助生产，就不需要这么大量的工装，甚至不需要什么工装，一样能够保证质量、精度。甚至于在一个生产线上前一个产品与紧跟着的下一个产品可以不一样。只要按一下按钮，程序变了，操作就变了。最近我见到一个刚从国外回来的同志，他给了我一条信息，对我是新的，也许对在座的有些同志不是新的，这就是美国的工业工程学会（Industrial Engineering Society），正在大力推进叫"CIMS"，这个"C"是计算机，"I"是综合的、整体化的，"M"是生产，"S"就是系统，就连生产管理也上了电子计算机了，成了生产的系统工程。也就是说，公司接受一个订货，图纸来了，就送到计算机系统里去，其他以后的工作，如生产怎么组织，流程等，计算机都会安排，甚至于最后连成本是多少、利润是多少，它都能给你算出来。这样的体系在美国已经试验成功，要推行了。刚才说的工业工程学会，正在各大学大力的培训这方面的人才。今年1月15日《参考消息》上面有一篇文章，叫《通向明天——生产工艺的四条道路》是讲苏联情况的。第一条道路，就是单个智能机器人；第二条道路就是生产自动线；第三条道路，就是柔性自动化生产；第四条道路，就是一体化的生产系统，这就是CIMS。我想，我们的生产也要向这个方面去努力。将来的生产是小批量、多变化，而且要求高质量、高可靠、高精度的生产，你不能用其他的方法，只能用这个方法。

我们要打下一个基础，这个基础就是计算机综合指挥的生产系统，这个要实现了，生产面貌就改变了，军民结合也就没有问题了。你今天这个民品来了，我给你干这个，明天那个来了，我给你干那个，换成军品也可以。现在我们要搞民品生产，有的同志着急，军品生产线还保留不保留？要保留就要占厂房设备、要有维护人员，这些问题都来了。这是老想法，要是按前面说的新想法，就没有保留生产线这个问题，因为生产线是活的，要生产什么就生产什么。这种发展，对备战意义就很大了。假设我们全国的生产都是这样安排，至少是机械加工部分是这样安排，那么好了，一旦有事，全中国的机械工业都是国防工业，一下子都可以转过来。所以，这个问题不是小问题，我们一定要认真考虑。我们的国防工业生产、设备更新换代的努力目标就是要做到能够灵活应变，又能够高质量，这个问题我看是个大问题。

第九个问题就是我们缺少研究国防经济学，搞国防经济，搞国防科技工业的管理人才。从前没有考虑这方面问题，因为军工都是绿灯户，伸手要钱就是了。产品价格就是成本加 5%利润，爱要不要，就是这个。现在不行了，对外开放、军民结合，要为国民经济服务，就不能不讲经济了。当然，这也不光是我们的问题。要适应经济体制改革的新形势，就要加强和改革经济干部的教育。我记得不久前在一次开会的时候，我跟国防科工委后勤部杨恬部长坐在一起，我说现在恐怕得从你那输送点人到我们综合计划部和司令部吧！杨部长说不能保证，他也没人。这恐怕不是小范围的问题，我们整个国防工业里面，懂得国防经济学，经济管理的，企业管理的人才，是非常缺的。可能各工业部情况好一点，但恐怕这是个带普遍性的问题。要看到现在已经是这么个情况了，将来发展还要灵活的生产，涉及的经济的问题就更多了。到底要多少懂经济懂管理的干部？还是好多年前，我就看到一个资料，就在美国的高技术或者尖端技术部门里，科研人员、工人和管理人员的比例是一样的，即 1∶1∶1。总人数的三分之一是科技人员，三分之一是工人，三分之一是管理人员。他们前几年就是这样一个情况了。比较起来，我们经济管理方面的人恐怕缺得很多。所以，我想是不是跟国防科技大学商量商量，能设置一个专业，培养这方面的人。国防科学技术不能只是技术性的专业，还得有国防经济学的专业。

讲了这么九个问题，只是自己现在想到的，大家在这次会议上还要讨论许多问题，我将向同志们学习。最后，还有一个成立国防经济学会的问题。是不是成立一个学术组织，怎么成立，看大家的意见，我没什么可讲的。如果要是成立，我很赞成。好吧，就讲这么多，讲错了的请大家批评。

第四节　新的历史时期我国的国防建设*

你们的大作我拜读了，感到你们对核战略问题是有研究的，所以想找你们随便谈谈。今天找你们谈有个好处，我不在职，不代表谁讲话，也没有谁让我怎么说。这样我们谈的时候就更自由一些。

关于对核武器的看法，社会舆论我清楚，实际上还要早些。有人说我们搞“两弹”都是错误的。后来中央讲了，“两弹”有成绩，对社会主义建设起了很大作用。但这种模糊认识没有根本解决，糊涂虫多了。有些人就会搬外国人怎么讲的，我是骂他们的。这些问题恐怕是长期的，不可能要求每个人都理解。这太复杂，总有不理解的。什么“核后时代”，那是西方一些记者为了赚稿费写的，是骗人的，都是假的，你们不能太天真。既然核武器无用了，那么你请美、苏销毁自己所有的核武器行吗？绝不是核武器没用了，用处就在于威慑。

你们感觉现在国内不少人的国防意识不强，这是整个国家的大环境问题。我们作为学术探讨，不谈这个问题。今天我找你们来谈的核心问题是，在新的历史时期，我国的国防建设怎么干，21 世纪中国人民解放军怎么办？你们的思想比较活跃，请你们来谈谈。当然，光局限于二炮不行。

我们内部讲问题要一针见血。现在国内无阶级斗争了，世界是有阶级斗争的，这就是科学社会主义和资本主义的斗争。外交上虽不这么说，那是外交上有考虑。国际上，我们和资本主义国家集团的矛盾是根本矛盾。不要一搞对外开放就忘了这个。我说这种矛盾是非常清楚的。现在有人在胡言乱语。我在美国 20 年，这些体会还是有的。资本主义总是要为垄断资本的利益服务，我们是为人民的利益，这一条不会变。现在讲要重新认识资本主义，我不反对，的确现在的资本主义和过去不一样。我们认识的目的是研究怎么对付它，而不是要你认识它不是资本主义。我在这里这么讲，在中央党校也这么讲。资本主义与社会主义是完全不同的两种社会制度，是根本矛盾，更何况它有着强大的武装。

目前军队内部的议论，都是议论如何保存自己，这样是说不清楚国防建设大问题的。关键在于中央军委有英明决策。我们可以议论议论，当个小萝卜头参谋。大主意中央定，我们组织服从。新时期军队建设如何搞，对我们来说，一是学习，二是要更新观念。我们提建议是给中央军委作参考，和下面是说不清的。中国有句话叫“与虎谋皮”，那不行。

---

* 本节内容由张健志提供。1988 年，第二炮兵张健志、闫怀东撰写的“关于核战略在我国社会主义初级阶段建设中的地位和作用”一文，钱学森同志看后，于 1989 年 1 月 4 日上午召见了他们，并进行了座谈。本节所述的是钱学森同志在这次座谈中所讲的要点内容，标题是根据内容后加的。

资本主义看问题一般目光较短浅，顶多看到本世纪末21世纪初，我们要看得远一点，要看到21世纪中叶。

概念要更新。过去小米加步枪是我们的光荣，但局限于这种老光荣不行。我们要光荣到下个世纪，就要围绕完成社会主义初级阶段建设的任务来考虑国防建设。只有马克思主义者才有这么长的观念。

21世纪世界势力谁强谁弱，因素太多，现在还很难说清楚。我看，欧洲共同体真正联合起来，它的力量不会低于美国。那样，欧洲对美国的依附将越来越小。21世纪的世界变化可能很大，我们的思想可不能受现状的限制。中国和更多的社会主义国家改革成功后，社会主义和资本主义的力量对比将产生巨大的变化，也许不像现在这样资本主义力量是大头，也许会一比一。这样的变化也许会出现。因此，21世纪将是一个动荡的世纪。我们要看出这个前途，有这个准备。

20世纪末21世纪初我们注意南面是对的。这个地方不稳定，力量参差不齐，谁都想沾一点。中国南海要特别注意。今后几十年，中国的南海是矛盾的焦点。

我很赞成你们提出的“天核重叠”的看法。我觉得你们的思想很解放，有的观点是对的。你们还可以站得再高一点，站在国防建设全局的高度给中央军委提一个新时期军队建设如何搞的建议，供军委参考。你们提问题不要只立足于二炮，要从整个中国人民解放军在今后新的历史时期怎么建设来着眼。我希望陆海空都可以说一说，不要局限于自己。当然，由于在二炮工作，可能高技术领域比较熟悉一点。

1986年9月9日，在全军战役理论讨论会上，我讲过一次。那时我就展望21世纪。那时到现在两年四个月，世界形势发展更加明确了，中央军委开会讲的话也更明确了。

第一，我看21世纪范围内阶级矛盾不能解决，战争也不能消除，不能老是和平、和平、和平。大仗可能打不起来，可是消除不了核威慑。现在的世界和平是在各种威慑下的和平。不是没有人想打仗，而是不敢打，这是因为核武器的破坏威力太大。我们要用国防力量的威慑，达到没有人敢对我们打仗的目的。我们国防力量建设的目的不是为了打仗，而是为了不打仗。这是可以做到的。这是科技发展、核武器的破坏能力造成的。爱因斯坦建议美国总统搞核武器，原子弹爆炸后他又感到很不安，感到自己作为一个科学家，却为人类创造了这样一个杀人武器，很内疚。我说，爱因斯坦的在天之灵可以告慰了，就是因为有了核武器，世界才没有大仗可打。这一点要讲透。中国不搞“两弹”，今天不会有这样的形势。

第二，目前的“和平”是一个表面现象，实质上斗争仍是非常激烈，而且变成了经济斗争和综合国力的斗争。资本主义想通过“和平”时期的发展维护自身的制度，最终打败社会主义。所以，“和平”也是你死我活的斗争。

第三，斗争靠什么？当然，总的说靠全体人民的努力，靠共产党的领导。但要充分注意邓小平同志说的一句话，“科学技术是第一生产力”，斗争的胜负要靠科学技术的进步。

认识今天的世界有这么几点。看起来，这些特点要延续至21世纪的中叶。

以上说的是世界。我们国家怎么样呢？这也要老老实实地认识。我们的国家现处在社会主义初级阶段，这是中国的具体情况。我们的困难还很多，怎么搞还需要探索。只有通过大家的努力，使社会主义显示出真正的优越性，才能使世界各国人民建立起信心，向往这一种制度。我们的科学技术总的讲是落后的，国家在集中力量搞经济建设，因此国防开支不会过大，这个情况可能要延续一个相当长的时间，这就要求我们搞军队建设要尽一切努力讲求效益，争取最大效益。效益要同任务联系起来。我们的任务是建立一支威慑力量，使别人不敢来打我们。我们建设的国防力量就是要能够对付21世纪的局面。要通盘考虑采用现代科学技术建立我们效率最高的国防力量。我们要研究的问题就是这么个问题。我们要对一些传统的看法重新考虑，重新掂量自己的分量。要用真正的辩证法的观点，要有所扬弃，在历史经验上再创造。民主革命时期我们有创造，现在要求在新时期再创造一次。建国初期，我们基本上是抄别人的，现在不行了，再抄不行了。我赞成张健志讲的，要有自己新的形式。要用现代化的科学和技术重新考虑我军建设的形式。也许有人会说这是四不像，那就对了，这就是中国的特点，因为我们是从中国现实出发的。如果通过我们的国防建设使敌人不敢来了，那就完成任务了。

战略核武器还是要搞的了，没有这个不行。战略武器常规化，这是一个发展。说到中国南海，我们可以不用海空军，用常规导弹行不行？外国人没用我们可以用嘛，谁敢上南海诸岛，我们就用常规弹头揍他。这不是打核大战。不敢再来了，这就是威慑。当然，常规弹头要提高精度，要有末制导才行。激光武器可不可以考虑？都可以研究。

21世纪很重要的一点是占领“天”。天上有东西，一是可以促进国民经济的发展，二是可使别人害怕。不只是武的“天”，民用“天”的存在也有威慑作用。

我国的国防科技力量还是比较强的，现在远远没有发挥它们的作用，请你们设计一下，从二炮这个观察点来看全国、全军，着眼21世纪的中叶，中国人民解放军怎么建设。提一得之见嘛，供中央军委领导人参考。

对外学术交流可以，也必要，但切忌天真。资本主义政治就是说假话的政治。外国人的话不要都那么相信。他们讲话也是有目的的。他那个铁柜子里什么话都有，根据目的，想讲什么就拿什么，所以不要天真。对外交流，外语还要过关。有时你想搞点真实情况，往往要靠私下谈话，老带着翻译就不方便了。我希望二炮能培养一批这方面的人才，能有一些这方面的专家。

今天就谈到这里吧。

第三章 信息化战争与信息化军队

第一节 钱学森谈信息化战争问题*

我最近在思考几个问题。

第一，王寿云最近到国防大学去讲课，讲了未来战争、信息战问题，他讲得不错。但有一点需要补充，那就是中国人民解放军是中国共产党直接领导的人民军队，我们的军队建设要抓好思想政治工作。江主席讲的第一条就是政治合格，然后是军事过硬、作风优良、纪律严明、保障有力。在“革命化、现代化、正规化”的要求中也是革命化在前。这是我军面临的一个特有问题。将来要应付核威慑下的信息化战争，战士需要具备大学文化水平，更不用说指挥员、领导干部了。在这种情况下，怎么样保持和发扬我军的优良传统，同时还要向前发展，要和现代化结合起来。也就是说，在新的历史条件下如何带兵、如何提高政治思想觉悟，很值得研究。

第二，我记得 90 年代初，中央军委让军事科学院组织了一次军队现代化问题讨论会。张震同志在会上有一个报告，讲得很好。我在会上曾大胆地讲，军队要现代化，首先军人的文化水平要大大提高。将来战士要有大专以上文化，领导干部要有硕士文化水平，将军要有博士文化水平。现代化战争所用的武器装备那么复杂，没有高水平的人才使用它是发挥不了作用的。当时还有肖克同志也同意我的观点。经过这么多年，现在各军兵种都有指挥学院，已经培养了一大批具有大学文化水平的干部。江总书记在十五大报告里讲，军队要在三年内再裁减 50 万，就是要走质量建军的道路。所以提高军队的政治文化素质是提高战斗力的一个重要因素。

第三，我在讨论会上还讲到，我们的战略方针既然是积极防御，那么打仗主要是在边境、沿海附近，因此可以根据这个战略作长远的准备。例如，在可能发生冲突的边境地区练兵。按这样的设想，那就需要彻底地改革军队的组织方式，适应高技术条件下的防御作战的特点和要求。

第四，去年张震同志来我这里，我说我认为未来战争是核威慑下的信息化战争，他说他同意，这个问题需要深入研究。我大胆提出要在 2010 年把我军基本

---

* 本节内容是 1997 年 10 月 4 日上午，钱学森对来看望他的总装备部领导同志的谈话。

建设成为信息化人民军队，现在看来这个要求太快了，不过无论如何这个问题总是要研究清楚。时间可以长一些，到 21 世纪中叶、建国 100 周年的时候总要搞清楚吧。这是目前我们最需要解决的问题，不解决好这个问题，国防建设的方向就不明朗。

当然这件事不是国防科工委一家能够完成的。应该由中央军委提要求、给任务，然后由有关职能部门分头去做，但又要联合攻关。因此，最好这些单位每半年坐到一起交流一下，每年年底给军委递交一份报告，起好参谋咨询作用。究竟如何把我军建设成为信息化人民军队，这是个新问题，要靠大家敞开思想去讨论，所以要解放思想，有所思就可以谈。互相交流，相互促进，这对大家的工作都有好处。《解放军报》上经常有一些讨论，就是没有很好地组织起来。大的方针已经定了，现在的问题就是各单位怎么样齐心协力共同努力，这关系到我们军队革命化、现代化、正规化的建设问题。我看这个问题已摆到面前来了。

这需要实干，做具体的事。我对这个问题已经考虑十多年了，最近又有些思考。从辩证唯物主义和历史唯物主义的观点来看，战争的形式是不断发展变化的。国防科委过去搞“两弹”，那是对付核大战，对此我有深刻的体会。当时我一回到祖国就接受这个任务，还是很吃惊的。党中央、毛主席在 50 年代那么困难的条件下下决心搞“两弹”，是很有远见的，真是了不起。这是马克思主义、毛泽东思想的伟大胜利。现在，我们又有邓小平理论做指导，国防科工委完全可以像过去搞“两弹”那样，把信息化战争的事搞好。

还有一件事也与此有关，就是最近我看到一条消息，美国把他们从前反洲际导弹的技术用来打卫星。卫星运行是有规律的，打它比打洲际导弹容易。这个技术恐怕会引起世界各国的注意，因为信息化战争里很重要的组成部分就是用卫星来探测敌情，所以反卫星的技术应该受到重视。记得 1964 年，有一天忽然接到电话，说毛主席叫我马上去。我不知道是什么事情，到那儿以后，科学院的副院长竺可桢、地质部的副部长李四光都在座了，与他们相比，我算是小辈。他们各人都汇报了在各地考察的感受，我一直听着。忽然毛主席问我能不能把导弹打下来，还说导弹也应该能打的，你们考虑考虑，十年不行十五年，总要搞出来吧！这是毛主席的指示。当时国防科委的罗舜初同志马上主持开展工作，在云南设立了反导弹研究基地，但是后来遇到很多困难，现在这个基地已经撤销了。这个事情很难，美国人在尼克松时代就开始研究反导弹技术，遇到的困难和阻力也很大，他们倒是没有停，里根时代搞了个“星球大战”计划，现在又用来打卫星了。我们要迎接 21 世纪，诸如此类的问题要引起我们的重视。

第二节　将中国人民解放军组建成为21世纪的信息化人民军队*

最近我学习了军委扩大会议文件，江主席的讲话和几位副主席的讲话，还有于永波主任的讲话等，觉得讲得非常好，很受教育。会议对军队的改革提出了很高的要求。江主席和张副主席说了，现在的战争是信息战。前几年我就想过这个问题，觉得目前我们部队的状况恐怕离信息战的要求差得很远。鉴于这种情况，我建议中央军委应该组织力量，制定一个规划，就像国民经济要在2010年基本上改造成为社会主义市场经济那样，要在2010年把我军基本建设成为信息化人民军队。

具体说来有以下几个问题：

一、思想政治工作和人员素质结构方面

关于中国人民解放军应该成为21世纪的信息化人民军队问题，涉及的内容很多，首先在改革开放的新形势下，怎么样保持和发扬我军传统的优良作风，是一个重要问题，值得进一步深入研究。第二是关于部队人员的素质结构和文化水平。要打信息战，战士的文化水平至少应该达到中专；干部文化水平要达到大学；将军们该是博士水平了。

二、体制问题

根据总体规划的要求，要理顺各方面的关系，进行体制改革。这个问题恐怕很复杂，涉及许多方面，尤其现在机关的设置不适应。我在国防科工委，知道现在国防科工委很困难，因为它不直接管国防工业，国防工业的部都归国务院管，是总公司等。这样的结构和我军现代化的要求是不大合拍的，这是一个很大的改革问题，要进一步探讨。但是有了规划，大家就可以齐心合力地去实现。当然，要解决这些问题是不容易的，特别是人事问题。

三、部队的信息化建设

这包括硬、软件的建设，是一项复杂的巨型工程。现代条件下的信息战，我们既要能获得自己需要的东西，又要使外面不好的东西进不来，我们的机密不被搞走，这是个大问题。现在计算机联网，什么信息高速公路等，这套新东西的出现，军队也要考虑。

---

* 本节内容写于1997年2月12日，原载《国防科工委科技委第六届年会论文集》。

四、要建设好武警部队和民兵队伍

武装警察和民兵都是与国内阶级敌人作斗争的队伍，也是社会主义中国人民军队的重要组成部分，必须建设好。

五、制订规划要有个参谋班子

制定这样一个21世纪信息化人民军队的规划是艰巨的工作，军委领导也需要有一个好的参谋班子。由于此事关系重大，我想这个参谋班子最好由军委办公厅牵头，把三总部、国防科工委、军事科学院、国防大学等单位的有关人员组织起来，这些人必须既超脱，又有理论素养。

六、严密组织

现在的问题是比较分散，抓不起来。周总理领导我们搞导弹的时候，在周恩来总理、聂荣臻元帅的组织管理下，工作十分严密，每一件事情都有具体负责人。那时候周总理对我们的要求就是“三高”：“高度的政治觉悟、高度的组织纪律性、高度的科学性”。按照这样的要求组织分工，每一件事情都能落实到一个人负责。还有周总理的“十六字方针”——“严肃、认真、周到、细致、一丝不苟、有错必纠”。出了问题就找这个方面的负责人，要他在规定的时间里解决。在这样严密的组织下，事故确实出的很少，这是我们中国可以在世界上引以为豪的。在这方面，军队有优势，军队是应该可以做到的，并不是没有办法。地方上还有像邯钢那样搞得好的嘛。

现在军队要信息化，要打信息战，任务是很艰巨的。有了过去的一套经验，再按照今天的形势，加以分析利用，制定一个总体规划，分步骤实施，我相信军委首长提出的要求就可以逐步实现了。

第三节　在国防科工委首届科技学术交流大会上的书面发言*

各位领导、同志们：

这次首届科技学术交流大会，我本应来参加，但因体弱不能出席，谨以此书面发言，表表我的心意。祝大会圆满完成任务！

不久前党中央、国务院召开全国科学技术大会，全面贯彻落实中共中央、国务院关于加速科学技术进步的决定，这在我国科技发展史上具有重大深远的意

* 本节内容写于1995年7月21日。

义。在会上，丁衡高主任做了“抓住时机加快改革努力实现国防科学技术大发展”的发言。下面，我谨就我学习的体会，讲点意见，向大家请教。

我认为我们这些在国防科工委的科技人员需要考虑的一个问题是：什么是现代战争和下一阶段战争的技术及装备问题。从人类历史的过程看，最初出现的战争是徒手战争；然后有了冶炼技术，才出现了冷兵器战争；继之是由于火炸药的发明，才出现热兵器战争。科学技术的进一步发展，又导致内燃机的制造和其他机械兵器的制造，于是战争又进而演化为机械化战争。到了20世纪50年代，更因核技术和火箭技术的发展，出现了远程核武器。远程核武器的巨大破坏力，再加上现在高度发展的信息技术和电子计算机技术，就形成现阶段和即将到来的21世纪的战争形式：在核威慑下的信息化战争。

所以中国人民解放军要继续掌握并适度发展我军的核威慑力量，在此同时加大力度发展打信息化局部战争的能力。我想，国防科工委的任务就在这一任务中，作出自己的贡献。

由于21世纪又是信息革命的时代，我们发展打信息化战争的装备也必然对整个国家的信息网络建设和信息设备作出贡献，这也完全符合国防科技工业的“军民结合、平战结合、军品优先、以民养军”十六字方针。

谢谢大家。

第四章　军事科学与军事科学体系

第一节　关于军事科学的结构问题*

军事卷编审室去年 11 月 20 日给我写了一封信，说要在今年初开这个会，让我就军事科学，特别是就大百科全书军事卷的军事科学、战略、战术和军队指挥这几个条目讲一讲。我对军事科学没有研究，也不是学这个的。仅仅是回到祖国以后，在国防科学技术研制工作中，接触到了一些事情。现在我讲的是作为一个外行给在座的内行讲话，讲外行话。

一

近些年我考虑过现代科学技术的结构问题，军事科学的结构和其他现代科学各部门结构总有相似之处，有可借鉴之处。我想讲讲这方面的事情，可能会对同志们有所帮助。

先讲一下历史。现代科学技术的结构，最完整、最明确的一个部门是自然科学，以及经典意义的工程技术。它从西方的文艺复兴到现在，已经有 400 年。因此，自然科学这个部门的结构，可以作为考虑其他科学部门结构的参考。

古典的对自然世界的研究，这是古代的科学。古代的科学不是现代意义的科学。真正现代意义的自然科学是从 16 世纪以后，即从西方世界的文艺复兴开始。在这之后的几百年，在历史上叫做近代科学，以区别于古代的科学。恩格斯讲得清楚：古代的科学属于自然哲学，而不是自然科学。什么是自然哲学？在那时因限于条件，人们对整个自然界有很多研究不到。对这些空白，就用一些思辨的办法，甚至是猜想的办法把它填补起来。用现代的语言表达就是，古代的自然哲学，有的是科学的，有的是不科学的。

从文艺复兴之后走了另外一条路：不能用想象的东西来代替客观存在的，要老老实实、一点一滴地从自然的实际来研究。这样一个精神，使自然科学开始从自然哲学中分离出来。到了 19 世纪下半叶，如恩格斯所说的：经过 300 多年的

---

* 本节内容是钱学森 1984 年 1 月在《中国大百科全书》（军事卷）领条座谈会上的讲话，原载《军事卷通讯》1984 年第 27 期。

历程，自然科学的体系已经建立了起来。距今 100 多年以前，恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中讲得很清楚，他说：自然哲学完成了它的任务，可以消灭了，不需要了。他说，在那以后，如果再提自然哲学，那不是前进，而是倒退。

自然科学经过 300 年的历史，已经完成了一个体系。这个体系已经把对客观世界的认识，可以看成是一个统一的、互相联系的、一个发展过程的学问。但也必须说明，恩格斯在 100 多年以前认识的自然科学，和我们今天认识的自然科学，是有区别的。这个区别，第一是在于那时的自然科学还仅仅是作为认识客观世界的学问，还没有把认识客观世界的这一整套知识直接用来改造世界。那时的自然科学只是今天自然科学中的基础科学，如天文学、物理学、化学、力学、声学等。恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中，概括了自然科学的这段历史，而且他本人把自然科学和马克思主义哲学联系起来，这就是他多年要写的《自然辩证法》，但他没有写成这部书，仅给我们留下了初稿。他写《自然辩证法》的目的，在给马克思的一封信中讲清了，他要把辩证唯物主义用到研究自然科学上，另一方面，他要把自然科学研究的成果，用来解释、深化、丰富辩证唯物主义。

在一个世纪以前所做的，就是自然科学认识客观世界的这一部门学问，使自然科学从自然哲学中脱离出来，形成了自己的一个完整的体系。在这个体系中，提出了自然辩证法，用我的话来讲，就是建立了一个通向马克思主义哲学的桥梁。

直接改造客观世界的自然科学——工程技术，恩格斯还没有把它概括到文章中去。18 世纪产业革命，出现了蒸汽机以后，虽然工业技术有了很大的发展，但在很长的时期里，机器的制造、生产的工艺，人们认为都是手艺人的事，是能工巧匠的事，没有把它看成是学问。

到了 19 世纪初，拿破仑开始在法国建立了军事工程学校，这是第一次在学校里，在高等院校的水平上培养专门的军事工程师。那时的民用工程技术还落在后面。工程师这个词原来的意义是指军事工程师。军事工程第一个扩展到民用工程的是土木工程，因为那时的军事工程主要是架桥筑路、构筑防御工事，和土木工程很相近。土木工程外文的原意是民用工程，是和军用工程相对而言的。以后，民用工程发展的就很多了，出现了各种各样的工程，如机械工程、电器工程、水利工程等。直到 19 世纪的下半叶，就是 100 多年以前，这些工程技术才被认可为学问，是科学了。世界上出名的工科大学，如美国的麻省理工学院，都是在那时出现的。这是在恩格斯以后，自然科学这个部门的发展。

在自然科学这个部类里，最高层次是马克思主义哲学，或者叫辩证唯物主义，下面一个桥梁就是自然辩证法，通过这个桥梁到自然科学的基础科学——认

识自然界、客观世界的自然科学。这三个方面的内容恩格斯已经给明确了。紧接着出现的改造客观世界的工程技术这个部门，恩格斯本人还没有来得及概括进去。

在直接改造客观世界的自然科学——工程技术之上的理论部分，即自然科学的基础科学，再通过自然辩证法这一个桥梁到马克思主义哲学，这么一个结构好像是比较完整的了，但事物是发展的。到了 20 世纪的上半叶，又出现了一个变化，出现了介乎工程技术和基础科学之间的技术科学——应用科学。从前我搞过一段力学，搞的就是应用力学。应用力学就属于应用科学，它是许多工程技术都要用的关于力的作用的一些理论。但它比基础科学的力学更具体，它把牛顿三定律在许多情况下更具体化了，但又不是只为哪一个工程技术服务。机械工程要用应用力学，土木工程要用应用力学，水利工程要用应用力学，航空、航海更要用，甚至气象预报也要用。所以，它是介乎自然科学的基础科学和工程技术之间的一个部类，这是 20 世纪初出现的。20 世纪以后出现的技术科学就更多了，如电力学、电子学……它们都属于自然科学的应用科学部类。

自然科学从文艺复兴开始，经过了 400 多年的发展，形成了一个比较完整的体系：它的最高层是马克思主义的哲学，然后是一个桥梁——自然辩证法，然后是自然科学的基础科学，然后是更接近应用的技术科学——应用科学，最后是直接改造客观世界的工程技术。四个台阶，一个桥梁，最高层是马克思主义哲学。

通常说的“设计”是工程技术，常讲的“工艺”也应当属于工程技术。有的同志可能想，“工艺”要低一些，这是因为“工艺”的发展晚了些。实际上“工艺”变成一门科学比设计还要难，今天的工艺问题已经非常重要了，如电焊工艺、金属切削工艺，这些都是学问，不能光说它是“工艺”。

二

现代科学技术发展到今天，部类是扩展了。从前，我们说科学分自然科学和社会科学，这是把数学放到自然科学里。但自然科学要用数学，社会科学也要用许多数学的方法。这就要求把“数学科学”分出来。最近科学院开了学部大会，数学家们说，把数学和物理、工程捆在一起不合适，要扩大领域，提出了“数学科学”这个概念。我当然赞成，我早就主张把数学科学拿出来。

其他如“系统科学”，因为要研究复杂的系统，实在太重要了，要单独开出来；“思维科学”，研究人的思维，也应单独出来；“人体科学”，因为人是最高级的“万物之灵”，确实复杂，也应单独出来。

这样，不包括“军事科学”，已经有了六个大部门。因为自然科学已经有了 400 多年的历史，其他都是 19 世纪以后才形成的，所以都可以采用老大哥——

自然科学结构的模式，四个台阶，最高是马克思主义哲学。通向最高一个台阶的桥梁，在自然科学是自然辩证法；在社会科学是历史唯物主义；在数学科学是数学哲学；在系统科学是系统论；在思维科学是认识论；在人体科学是人天观。这些看法我在另一篇文字[①]里已经讲了，这里就不重复了。

三

军事领域的科学叫做“军事科学”。实际上就是“军事工作的科学”。如果这样来看军事科学，它也是在演变的，而且在很快地变革。

首先是军事技术。军事技术就是军事科学中相当于自然科学中“工程技术”这个台阶的。拿破仑时代的军事工程，就是最老的“军事技术”，军事技术里再有一部分就是在 20 世纪得到了很快发展的“武器装备技术”。军事工程和武器装备技术，是我们大家比较熟悉的两个军事技术组成部分。

军事技术也在变革，这个变革的一个重要部分就是军事系统工程。军事系统工程就是把系统工程用到军事问题上来，包括军事的各个部分，作战、指挥、后勤都在用它。所以，今天的军事技术就不能忽略这么重要的一个部分。再有一点，就是在武器装备这个技术里，又出现了一个非常重要的部分，人机工程。人机工程就是研究解决人和机器如何更好地配合，如何更充分地发挥人的作用。在武器设计里，人机配合得好，这个武器使用起来威力就可能增加。通俗地讲，一个武器不好使就别扭，好使威力就大。所以，人机工程是很重要的。

军事系统工程和人机工程，这是两种新的学问，是 20 世纪后半叶才出现的新东西。这就是军事技术上的变化。在就“军事技术”这个领条征求意见时，我就提出，用老皇历不行了，一定要把应用技术里的军事系统工程和装备技术里的人机工程包括进去。

现代战争的规模在扩大，在战争中不断使用的新技术，这使得我们考虑战争这个问题有了许多变革。我最近考虑，美国和苏联从霸权主义出发，想搞全球的军事控制和侵略。他们要把全地球都按住，必要时也要侵入别的国家，这就要遭到被侵略国家人民的反抗。所以，他们考虑的突出的一点，就是使他的武器、设备单独出去就能作战。或者说，现在需要的是侦察、电子、通信，这在装备上都得配全。基本上就是这样一个思想。所以，他们的装备就越来越复杂，表现在造价上就是越来越昂贵。美国的一艘航空母舰，造价就将近 100 亿美元，包括船只、装备和飞机，而对付敌人飞机的力量，也只有二三十架，其他六七十架飞机，是为了保护这艘航空母舰的。100 亿美元的代价只能有二三十架飞机去对付敌人，这是非常之高的。现在美国制造的 B-1 轰炸机，造 100 架，要 200 亿美

---

① 钱学森．现代科学的结构——再谈科学技术体系学．哲学研究，1982，3：19～22．

元，一架飞机要两亿美元。美国现在的战斗机已经达到二三千万美元一架，再下一代恐怕要达到一亿美元一架。不止如此，他们现在还考虑更新、更先进的作战装备体系，比如考虑在天上打仗。这是在卫星轨道上去打敌人的战略核导弹，分三个阶段、多层次地打；一个阶段是起飞阶段，敌人的导弹一起飞就打；中间阶段，是在起飞加速阶段完了以后，在高空飞行阶段打；然后是在再入大气层这个阶段打。天上的卫星站，据他们说，要在 150～300 秒，也就是在 2～5 分钟的时间里，要摧毁 1000～2000 个目标。这是用任何人的指挥系统所不能完成的，必须用计算机、自动化，也就是 C^3I 系统，用情报、通信、组织指挥的自动化系统来对付。这样一个系统，到底要花多少亿美元？至少要几千亿吧。搞这样的东西，要比第二次世界大战时的装备费用增加一千倍！这在目前他们是做不到的。因为从第二次世界大战到现在的 40 年的时间里，生产总值如果要增加 1000 倍，年均增长率就必须达到 18.9%。无论是美国还是苏联，都远远没有达到。这就是说，他们的国民经济发展保证不了他们放手跟着技术的发展去搞他们设想的战争，美国现在的国民经济总产值也就是三万亿美元，里边还有虚数，他要那样干是不够的。这就不难理解为什么美苏老是在谈判，虽然吵得不得了，甚至要中断，但还要再谈下去。就是因为真是撒开腿搞军备竞赛，美国受不了，苏联也受不了。谈判无非是要走慢一点，你不要走太远，我也不走太远。我们不能跟他们走，我们的国力不允许这样办。

看到上述的情况，我们就只能得到结论：因为我们要打的是反侵略战争，人民在我们这一边。装备、作战这一套东西，我们搞我们的。这就是说，要研究新时代的“小米加步枪”问题。我们也要把现代科学都用上，但不是打他们那种战争，要打现代化的人民战争。

这就归结到这样一个问题，我们绝不能用上一次战争的老办法去打下一次战争，因为战争不一样了。是不是可以在战争中学习战争呢？这样当然也行。但这里有一个战争初期的重要性问题，就是说，没有时间或几乎没有时间给你学习。因为他们都是搞突然、全面、大规模袭击，这个开始和过去战争的开始是不一样的，如果战争初期处理不当，你的损失就太大了。军事科学要考虑到变革的情况，军事科学要现代化，所有的科学技术，对我有用的，我都要把它用起来，不要被旧的东西束缚住了。

四

军事科学也必然越来越多地用数学的方法，越来越变成一门定量的、精确的科学。尽管军事的情况确实是很复杂的，定量的分析有很多困难，但还是要努力朝这个方向走，这样才能够考虑到任何新的情况的变化。技术上新的变化，战争规模、条件的变化，马上会影响到你的战略、战役和整个战争的指挥。这就是说

军事科学不管其历史是怎样发展，也一定越来越接近于其他科学部门的情况，它的独特性将逐渐消失。在考虑军事科学的组织、结构的时候，不能不考虑其他科学的结构，因为它们有共性，而且共性越来越重要。或者说，军事科学越来越现代化、科学化，军事科学要纳入现代的科学的模式。这样，军事科学的最高层次还是马克思主义哲学，下面分一个桥梁和三个台阶这样一个结构。这是大势所趋，是根据最完整的自然科学 400 年的发展而形成的。将来可能还有新的发展，但现在还没有看到。

这样，军事科学这个部门到马克思主义哲学的桥梁是军事哲学，下面三个台阶是基础科学、应用科学和军事技术。但这样分法我们多数同志还不习惯，而且我们要跟历史取得衔接。在写书的时候，要照顾到现实，也就是看到我们军事科学历史的发展。我们不能一下子变成刚才所说的模式。我们的习惯，我觉得是把这个结构的上面这两级，就是军事哲学和军事基础科学，合成一起叫“军事思想”。“军事思想”这个词我们不能放掉，因为现在我们都强调学习毛泽东军事思想。毛泽东军事思想就是军事哲学加上军事基础科学。它的底下就是另外那两个台阶：一个是军事应用科学，一个是“军事技术”。大家应该已经习惯了用“军事技术”这个词，它所指的就是军事上的工程技术，即用来改造客观世界的科学技术，包括军事工程、武器装备技术（包括人机工程）和军事系统工程。在它的上面，是军事应用科学我们习惯上称为“军事学术”。

这就遗留下来了一个“军事运筹学”问题，看来它好像是介乎“军事学术”和“军事技术”之间的。而“军事运筹学”条目释文初稿，也好像一部分是军事学术，一部分是军事技术。但要彻底一点，我觉得可以把它归结到“军事学术”里，因为在系统科学里是这样划分的，系统工程是工程技术这个台阶的，运筹学是它上面的一个台阶，要归就归到“军事学术”里，这是我个人的看法。

总归一句话，我在不久前大百科全书军事卷第三次编委会上讲的，中华人民共和国的《中国大百科全书》军事卷是了不起的，这两卷本出了，全世界的军事学术界和指挥部门，都要一个字一个字地去抠的。因此，我们要写出水平来，我们一定要写出一个符合全世界情况和体现现代化水平的军事卷。所以，我建议要打开眼界，统观全局，看到世界的现实，确实反映今天世界的军事科学。不要让框框把自己框住。

第二节　在“军事系统工程学研究发展 20 年报告会”上的书面发言*

在 80 年代初王寿云和我开始注意到现代科学技术在军事作战参谋上的运用，

---

* 本节内容写于 1998 年 3 月 31 日。

我们提出要建立军事运筹学和军事系统工程学。后来我又进一步构筑了现代科学技术的体系：在整体上由马克思主义哲学、辩证唯物主义作指导，在军事方面有军事科学这个大部门；与之并列的有自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、行为科学、地理科学、建筑科学和文艺理论，加军事科学一共十一个大部门。每个部门又分三个层次：基础理论层次、技术理论层次和应用技术层次。在军事科学，基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程。当然还有其他学问，这是人类知识的体系了。

当然每一大部门也不是孤立的，大部门之间还有相互的联系。显然军事系统工程与系统科学有关。

所以我们这次报告会也是进一步明确上述这个人类知识体系的会议。我因行动不便，不能亲临会议，谨写以上这么几句，献给会议。祝会议成功！

第三节　军事科学院王祖训院长拜访钱学森同志座谈记录*

1999年2月26日下午，军事科学院王祖训院长，戴怡芳、李运之副院长，原副院长糜振玉、科研指导部原副部长孙柏林同志就军事科学体系、军事科学研究与发展等问题拜访请教了钱学森同志。现将谈话整理如下。

王院长：本来很早就想来看望您，就高技术发展条件下，我们军事科学院在国防建设、军队建设和未来作战及军事科学体系研究等方面的问题，向您请教。

钱老：请教不敢当。关于科学技术体系，我与糜振玉同志在很早以前探讨过。我说的科学技术体系由十一个大部门组成，即自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、军事科学、人体科学、行为科学、地理科学、建筑科学、文艺理论。军事科学是一个独立的部门，是和自然科学、社会科学等平起平坐的一个很重要的部门。这是我对军事科学的总体看法。

昨天（25日）《人民日报》第9版上有一篇文章，题目叫《中国军事科学研究的历史飞跃》，是肖裕声、陈宇（军战史研究部主任、研究员）两位同志写的，主要是讲邓小平理论在军事科学思想上的发展，文章写得挺好。我们现在就是要根据邓小平理论的指导，深入地去研究军事科学，然后提出中国人民解放军建设的大方向。

前段时间，总装备部的领导同志来看我，我们谈到总装科技委的工作时，曾说到军事科学院和国防大学。我说国防大学是培养我军高级人才的地方，学员们当然要学军事科学，这是很重要的，国防大学有这个任务。它有一个好处，有许

* 本节内容根据录音整理，已经过钱学森本人审阅。

多比较年轻的同志在那里念书、写论文，写硕士论文、博士论文，这是培养人才的一个办法。我向各位说，从前我在国外的时候，也是一方面教书，一方面做研究工作，十几年都是这样做的。我有一点体会，就是在教书当中，常常触发一些新的启示，而这新的启示是需要进一步搞清楚的，因此，正好是研究工作的题目；同时研究工作里面新的成果也可以纳入到教学的具体内容中去。但回国以后，到中国科学院去了，后来又在国防上搞"两弹"工作，跟教书就脱开了。我觉得有点不足的是，许多想法不能跟年轻的研究生交换，同时有了新问题以后，又不能做进一步地研究。从我来说，研究工作和教学就脱离了，这在当时那种情况下，也只能如此。今天我不知道国防大学跟军事科学院有没有交往（王院长插话：我们是邻居，交往比较多，我们有些大的课题在一起共同研究），听说你们隔着一座山，这恐怕是值得考虑的一个问题。前一阵子看见报纸上说，军委江主席到国防大学去看作战演示系统，认为很不错。我就想，这个作战演示系统开头搞的是军事科学院。所以，我有一个考虑，就是军事科学院和国防大学能不能结合得更紧密一些，这对两方面都有好处，即对军事科学的研究和对国防大学的教学都有好处，不知道这个想法对不对。

另一个新情况是中央军委组建了第四总部，总装备部，管全军的武器装备，包括新武器的研制和在役装备的管理。总装备部有一个科技委，它是在武器装备方面为总装领导和中央军委做参谋、咨询工作的。但装备和作战有密切关系，所以军科和国防大学在研究未来作战问题，研究高技术条件下的军事科学发展问题时，还应当想到现在总装备部的科技委。科技委刚成立的时候只管国防科工委的事，主要是"两弹一星"的发展问题。今天是总装的科技委，任务不同了。它也有那么一大批科学技术人才，与现在总装备部的任务结合起来，怎么样发挥这批人才的作用，恐怕是个大问题。所以，春节期间总装备部的首长来看我的时候，我提到这个问题，即三个单位（军事科学院、国防大学、总装备部科技委）在工作中怎么样更好地合作，发挥各自的优势，共同探讨我军发展的重大问题，使军事科学及相关学科的研究在 21 世纪有一个更大的发展。

从前，糜振玉同志带我到你们院里去看过，那个时候我觉得办得还不错。开始也搞演示问题，这是一种现代化的手段，我从你们那里受到很多启发。

现在是在江主席的领导下，我接触到他的思想非常解放，很活跃，知识面很广。他在提出"讲政治"的同时，也号召我们要"讲学习"。搞研究工作的，思想也要开阔一些。所以，在这里我要把军事科学的意义展开一下，实际上它的意义已超出了军事范畴。现在人类已经进入到这样一个历史阶段，即人类的斗争是非常复杂的，除了军事上的斗争，还包括政治的、经济的、民族的、社会的等，各种斗争无不与军事科学思想有关。日本人就意识到这点，他们说，所谓军事科学就是斗争的学问。实际上这个斗争是多方面的，工商业竞争也是斗争。日本人

围绕这个问题，读中国的兵书，学习《孙子兵法》，得到很多启示。这样说来，所谓军事科学就是斗争的科学，除了用兵器斗之外，还有许多“斗”的手段。我看了以后，很受启发。当然我们军事科学院的同志都是穿军装的，好像不考虑这个问题。但是作为学问，我们要看到军事科学理论的许多东西可以用在其他方面。所以，军事科学是很重要的一门学问，可以说，我们建国就离不开军事科学。

王院长：军事科学按教育部规定的学科范围，有 8 个一级学科，22 个二级学科，还有好多学科没有界定进来，这是一个值得研究的问题。如军事经济学就没有界定到军事科学范围里。当前在国防费比较少的情况下，江主席提出，要走一条低投入，高效益的现代化建军路子，或者说要进行跨越式发展，这就涉及军事经济学。国家学位委员会和教育部界定的军事科学的一级学科和二级学科里就没有军事经济学（糜振玉副院长插话：他们认为军事经济学是经济学的一个分支，不同意纳入军事科学。又比如地理学界的一些老同志，不同意设立军事地理学。我曾经为此拜访过侯仁之同志，他说我的老师过去也没有搞过军事，艾森豪威尔在确定诺曼底登陆地点时，还请教他。现在你们搞什么港口、导弹基地也都请我去，我也可以提出意见来。所以，他认为没有必要设立军事地理学科。总之，现在有很多学科，像军事化学、军事地理学、军事经济学、军事心理学等都没有划进军事科学体系范畴）。现在科学技术发展很快，出现的交叉学科、综合学科比较多，怎么样处理这些关系，我们在编纂军事百科全书的时候，学科划分和学科交叉的问题就比较多。

钱老：学科的发展问题，互相交叉、互相作用、互相借鉴是离不开的。应该提倡学科交叉之间的互相交流与讨论，而不能排挤别人，关起门来自己干，这不好。我想这与马克思主义的思想观点有矛盾。马克思、恩格斯那个时代，就是跨学科研究问题，从而创立了马克思主义。马克思本来是搞哲学的，却研究经济学。恩格斯更有意思，他自己并不是学自然科学的，但为了研究哲学中的辩证唯物主义，他下苦功夫学习、研究自然科学，结果写出了《自然辩证法》。他若不跨学科，就不可能产生自然辩证法的观点，马克思的政治经济学也搞不出来。关于这一点我的感受也很深。在美国加州理工学院，我是学航空的，但凡是我感兴趣的学问都去学，都去听。那个时候数学系的课，什么复变函数、偏微分方程等我去听；物理系的课，比如量子力学、相对论、统计物理等也去听，这对我后来的科学研究和实际工作有很大的作用。回国后中央叫我搞导弹和航天，正好需要很广泛的知识，所以工作还基本胜任。再往后我搞科学技术体系研究，那就更广了，没有当年比较雄厚的基础就根本没有这个眼界。总之，军事科学院是很重要的，关起门来干恐怕不行，要开着门干。

王院长：我院好多大的研究课题没有全军动手，是搞不出来。像我们最近编修的《作战条令》，办法就是钱老提出的综合集成，就是跨部门、跨学科的成果。钱老提出的综合集成思想在军事科学领域也是需要遵循的。我们现在跨学科研究的综合性课题越来越多。

钱老：应该说实践中遇到的问题都带综合性。但专家们看问题都是从自己的专业出发，往往有局限性，所以目前的办法是把专家们组织起来。国防建设可是一个大问题，现在看起来，解放军要迎接 21 世纪，人才是很重要的一个方面，要培养一些跨学科的人才、帅才，不然适应不了。所以，我想军事科学院、国防大学都是非常重要的单位，都有培养人才的任务（王院长、糜副院长插话：我们院现在培养有硕士生和博士生）。

我还记得一个故事。50 年代，有一次中央开会，人大、政协的一些人都参加了，那时候我作为政协委员去参加会议。会议时间很长，已经到了下午 6 点多种，还要开下去，中间让大家休息一下。我跟钱三强都参加了这个会，休息时在大会堂旁边的一个屋子里喝点茶，这时毛主席来了，他走到钱三强跟前说："听说你们搞物理的，把物质先细分为分子，再分就是原子，原子再分呢，可分到电子、质子、中子。但我来要问你们，分到这儿就为止了吗？我看分到这儿也不能为止。中国古代有一句话：'一尺之竿，日取一半，万世不竭'是永远分不完的，请你们考虑考虑。"毛主席完全是从另外一个更高的角度来考虑这个问题的。以后的发展证明他说的对，不久又发现了基本粒子，再往小分，实验的结果，中微子都出来了。我记得有位外国科学家听到这个故事，曾开玩笑说，基本粒子下面的东西不该是你们现在起的名字，应叫"毛子"，毛泽东提出的"子"。你们看，毛主席不是对自然科学也发表了高见吗?

我回到祖国以后，感到一个现象，就是人人都是专家，专家只专一行，超出本行就困难了，专家跟专家之间对话难，这样不行。这个问题现在也没有很好地解决。这实际上是不符合辩证唯物主义的，只有辩证才能发展嘛！军事科学的发展也一样，要有不同专业、不同学科的人在一起讨论。所以我主张军事科学院、国防大学和总装科技委，甚至包括军兵种的人要在一起多讨论，加强联系和合作。

军事科学是很重要的一个科学部门，感谢你们今天给我介绍了军事科学院的一些情况，我希望在新时期军事科学有更大的发展，大家共同努力，给军委当好参谋，迎接 21 世纪的军事挑战。

王院长：感谢钱老对我们的关心。我们一定努力把钱老的指示贯彻到军事科研工作中去。

第四节　在新形势下如何更好地为中央军委做好参谋咨询工作*

1998 年，军队办了几件大事，其中一件就是组建了第四总部：总装备部。这是很大的变化！40 年前，为了搞国防尖端技术，要非常集中地来组织指挥，所以成立了国防科委，后来又成立了国防工办。1982 年国防科委、国防工办合并，成立了国防科工委。近年来形势发生了很大变化，军队要大力推进革命化、现代化、正规化建设，要适应社会主义市场经济的要求，所以我觉得组建总装备部好！我非常拥护党中央、中央军委的决定。

现在我一直在想的是，我们科技委在新形势下怎么开展工作的问题。为中央军委做参谋、作咨询的，根据现在实际情况，有三个方面的力量。

第一个方面就是军事科学院。军事科学院从前的副院长糜振玉我比较熟，我们谈过很多次，对那里的科研及学术活动有一些了解。他说军事科学院的章程里就有一项任务，为军委当参谋，提供咨询意见。我认为军事科学院面临的任务十分光荣而艰巨，需要狠下一番工夫，做大量具体而细致的工作。

第二个方面就是国防大学。今年初看到报上说，江泽民主席去国防大学视察，看了它的战略战役训练模拟系统，很高兴，很赞成。我们科技委的汪成为也对那套演示设备提供了帮助，是比较成功的。实际上，演示设备在外国用于国防已经很久了，在拿破仑时代，军事参谋就搞沙盘演示。现在有了电子设备、电子计算机等，把这套工程用在军事上、国防上，就更先进了。美国早就开始了这方面的工作。汪成为同志说国防大学这项工作做得比较好。另外，国防大学要培养研究生，需要有一些指导研究生的力量。培养和指导研究生，这个工作我从前做过，知道研究生一方面要学习，另一方面还要做些研究工作。在国外，做研究生导师的教授要一方面教书，同时还要带研究生做研究工作。我的实践体会是，研究一定要和教学联系起来，因为教学可以给研究工作以启发，研究的成果又可以用来提高教学。因此，国防大学要培养研究生，教授们就不能只是教书，还需要带研究生，做研究工作。这样，研究工作和教学工作就可以结合起来。所以我想，如果能够把国防大学和军事科学院的力量结合起来，就能够解决目前存在的问题。那就是，从国防大学来说，缺少研究人才；从军事科学院来说，缺少学生培养，研究人员缺乏年轻的助手。所以，如果军事科学院和国防大学联合起来，就可以成为培养我军高级军事人才的基地。

第三，如果国防大学和军事科学院结合起来，要当好军委的参谋，我想还得

---

* 本节内容写于 1999 年 2 月 12 日。

加上我们科技委，是不是可以考虑把这三个力量结合起来？我们现在这个科技委技术力量强，但工作也有困难，真正联系到中国人民解放军的实际，联系到军事作战方面，做这个工作的少。现在是总装，任务不同了，和从前不一样。从前国防科委刚成立的时候，就是专门搞原子弹、搞导弹、搞卫星的，现在不是这样的情况。科技委的汪成为同志已是国防大学的兼职教授，从前的科技委秘书长王寿云同志也到那里去讲过课。这三个力量联合起来，共同研究 21 世纪的仗怎么打，需要什么样的武器装备，为了中国人民解放军 21 世纪的发展，为中央军委做参谋、咨询研究，力量就可以大大加强了。

中国人民解放军随着时代的变化也要变化，四总部体制的确立就是变化。将来大军区的问题也要考虑。从前打仗是一个地域一个地域地打，而现代化战争变化很快，可以从一个地域的重点一下子转到另一地域的重点，所以要研究这些问题。

我现在考虑的这些，不知道对不对，供大家参考。

第五节　如何培养科技帅才*

这是我近来对培养科技帅才的想法：

（1）回顾一百多年来科技高等教育的历史，在 19 世纪上半叶开始了正式工程师教育体制，即培育有科学基础的工程师，大学四年是头两年学数理化，后两年学工程技术，典型的是美国 MIT 的学制。这是理工分院设专业的。直到 20 世纪 30 年代这套学制是公认的，也很成功。

但到了 30 年代以后由于科学技术的迅速发展，新技术需要更高的基础科学知识，进行新技术开发的科技人员要有自然科学和工程技术两方面的工作能力。由此出现了美国到 CIT 的学制，理工结合，重点培养博士生。现在这个体制也已在全世界推广，在我国也纷纷设置“理工大学”。

（2）国防科学技术大学在改革学制时也有创新，即不设学院，按现代科学技术体系三个层次的中间层次——技术科学（居于基础科学及工程技术之间）设系：一系为力学，二系为技术物理，三系为控制论，四系为电子学，五系为应用化学，六系为计算机科学，七系为系统工程科学，八系为制造工艺科学。现在又加了一个九系，专门为对各基地科技人员的再教育及深造。

汪浩在任国防科技大学政委时，曾提出把政治课归入另一个十系，即社会科学系，但未实现。

（3）为了迎接 21 世纪社会主义中国建设的需要，我想有必要考虑在 MIT 的

---

* 本节内容摘自 2005 年 2 月 4 日《科技日报》。

时代及 CIT 的时代之后，再创始一个高等教育的新时代：培养科学技术帅才的时代。不但理工要接合，要理工加社会科学。

（4）具体怎么办？我认为可以先在国防科技大学进行博士生试点。首先，国防科技大学现有教学体制比较先进，这是前几年国家教委黄辛白同志在视察该校时肯定了的。其次，国防科工委对科技帅才的需要体会最深（聂帅接见新华社记者郭殿成的讲话，《人民日报》1991 年 6 月 14 日）。

为了组织这个博士生试点，似应考虑以下几项工作：

① 成立原来汪浩同志建议的十系。该系与学校的政治部可以有明确的分工。

② 成立博士生试点筹备组。这个筹备组可以吸收一些在搞从定性到定量综合集成技术的专家参加。

③ 在报刊上组织一些宣传国防科学技术大学的报道和文章。

第五章　科技情报工作现代化

第一节　情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响*

毛主席曾在1969年精辟地指出技术革命不同于技术革新，技术革命是指技术上的巨大变革，它对生产力的发展以及对整个社会带来重大的影响；毛主席还举了三项技术革命的事例，即18世纪的蒸汽机、19世纪的电力和20世纪的核能。我们根据这个非常明确而严密的技术革命概念，提出电子计算机也是一项技术革命，因为电子计算机不但大大推动了生产自动化，而且在广泛的领域内电子计算机代替了人的一部分脑力劳动，以至对现代社会发生了深刻的影响。对这样一个认识，有的同志同意，也有些同志表示怀疑，还有少数同志强烈地反对。但事情总是越辩越明的，应该欢迎怀疑的人，反对电子计算机是技术革命的人，他们可以促使认识深化。

这里是讲情报资料、图书、文献和档案工作现代化的，但也可以进一步说明电子计算机是毛主席所说的技术革命，因为在这方面即将到来的变革是伟大的，深远的。这里提出的有些观点并不成熟，写出来请大家讨论，以便弄清这个方面现代化带来的影响。

一

人是通过实践认识客观世界的，首先是感性认识，然后再上升到理性认识。但在人还没有发展语言这个工具时，一个人的认识也只有随他个人的死亡而消失，无益累积。当人类有了语言，就使得一个人的认识可以转递给另一个人，实践经验和由此而来的对客观世界的认识就免得因人而去，得以保留，得以累积。后来又发明了文字，发明了纸，发明了印刷技术，这些都被认为是人类发展史上的大事，因为他们大大方便了、加速了人类经验以及知识的累积，创立了越来越丰富的人类精神财富。

图书、资料和文献的积累是随着人类脑力劳动量的增长而不断加速的。在古

* 本节内容原载1979年第7期《科技情报工作》。

代，一个箱子就差不多把书籍都装下了，到了后来，我们的前人早有汗牛充栋之叹。至20世纪，图书、文献、资料，还有档案，更是飞速地累积着，简直可以说是爆炸性的。我们仅以科学技术文献中的一小部分——化学文献为例，光是浏览一下世界上一年内发表的有关化学的论文和著作，一位化学家每周看40小时，要读48年。这就清楚地说明要像过去那样，一位学者、作家完全靠自己去查所需的图书、资料，搞“单干户”的工作方式，已是不太可能的了。你要查图书、资料，你就没有时间搞研究、搞创作；你要搞研究、搞创作，你就没有时间查图书、资料。

一个人搞不来，就要求社会分工，于是产生了一种新的职业，这在科学技术界叫情报工作者或情报专家，在图书馆叫图书馆工作者或图书馆专家，在档案馆叫档案员或档案专家。这是一个近代社会的行业。我们自新中国成立以来，国家十分重视情报资料、图书、文献和档案工作，全国已有一直分布到边远地区的各类专业单位，并且组建了一支数量相当大和具有一定水平的专业队伍。

但总的来说，我们在这方面的工作离现代化还很远。以科学技术的情报资料工作而论，我们直到现在的一个大问题就是科学技术人员往往不能直接使用外文资料，要靠情报资料人员把外文译成汉文。所以我们的科技情报工作队伍中有相当一部分是译员，即能译科技专业文献的外文翻译。我们的又一个问题是缺乏复制设备，因为我国至今还没有一个部门主管复印机的科研与生产。每年虽然花了不少外汇进口科技图书，但对要用它的人来说，还是“凤毛麟角”，弄不到手。这就使得科技情报人员辛苦地发扬背篓商店精神，送“货”上门。在交通不便地区，硬是把文献资料放在背篓里，跋山涉水，送到科技人员手里。还有一个问题就是科技情报工作，部门分隔、地区分隔、消息不通、各自为政，这就导致工作重复，一篇重要科技文献，你也译、我也译，你也印发、我也印发，把本来不足的力量又浪费了不少。

科技情报资料工作的落后状况也代表了其他方面，所以情报资料、图书、文献和档案工作的现代化是势在必行的了，不然我国虽有这些不怕苦、不怕累、不怕死的情报资料、图书、文献档案人员，工作还是跟不上加速实现四个现代化的需要。

二

什么叫情报资料、图书、文献和档案工作现代化？我们先从具体工作讲起，然后再讲如何组织全国的工作，以及和全世界的工作协同起来。

对情报资料、图书、文献和档案来说，也许第一个问题是收集的问题。但是，这个问题在建立了无所不包括、没有任何检索查看阻碍的情况下，可以自然

解决，用不着我们担心查不到所要的图书、文件。

第二个问题是情报资料、图书、文献和档案的内容，也就是材料的存储或存储技术。其实用脑子记是存储，写在纸上是存储，印成文件、书刊也还是存储。这些古老的存储方法有个优点，就是读取很直接，不需要其他辅助设备。但它们也有一个共同的缺点，就是存储的密度太低，存储物质量太大，从前还不过是“汗牛充栋”，现在则是一列火车也装不下，一所大楼也容不下。解决的办法就只能放弃直接阅读，用光电设备，同时设法大大增加信息存储的密集度。一类技术是用摄影，把一页纸面缩小为一颗豆粒大小的胶片面积，进一步再把几十页纸面的内容缩小为一颗豆粒大小的胶片面积。现在的缩微胶片，已能在 105×148 毫米的胶片上录下 3200 页 16 开的印刷品。另一类技术是用磁带记录，这我们大家都很熟悉，一卷 360 米长的磁带一般可以录 40 分钟的讲话，即大约 6000 字。但这是比较低的密度，高密度的磁带技术可以在半个手掌大的一卷磁带上，录下一个人一天讲 8 小时，讲 250 天的内容。这些新的信息存储技术比起古老的办法，其所需存储物质量，就可以成千上万倍地缩减，一个大楼的库存可以缩小到一个柜子就放下了。

但这还不是极限，我们现在只不过把记录单元缩小到微米大小，将来电子技术再发展，还可以把记录单元缩小到原子尺寸，即埃的尺寸，再小一万倍。到那一步，存储物质量将再比现在缩小几亿倍以上。所以一旦我们不要求直接阅读，存储技术就可以大踏步地发展，我们现在只是迈出几小步，更大的变革还在将来。

既然放弃直接阅读，就要有一种装置把记录在存储物质上的内容显示出来，让人能阅读。显示也包括翻译，因为存储记录可能是编码的，不能让人直接读编码，要译成语言、文字或图像。这种装置就是通常所说的“终端”，实际上它是具有各种电子控制的彩色显像管，是彩色电视接收机一类的电子设备。它往往有打字和控制用的键盘，也有一个与存储库通话的电话。要阅读情报资料、图书、文献和档案就在显像管上显示出来，也可以接上复制机，制成文件。这方面问题可以归纳为第三个问题，即终端技术。

现在讲情报资料、图书、文献和档案工作现代化的第四个问题，也是核心问题，不解决它，现代化就行不通。这就是检索问题。因为尽管存储问题解决了，如果还是老办法通过终端把库存一项一项、一件一件调出来查阅，前面讲的一年出版的化学文献要查看 48 年的矛盾还是无法解决。但是，电子计算机的出现为我们提供了自动化检索的可能，因为一旦制订了电子计算机检索时机器工作的方法和程序，电子计算机的速度可以比人快上千万倍。这样，查看一年中发表的化学文献就不要 48 年了，只用不到一分钟就行了。所谓方法和程序就是情报资料、图书、文献和档案存储库内容的组织，即每一件材料的编码，库存的排列，计算

机工作时查编码的程序，以及提取内容的程序。这一套已经成为一项专门的科学技术，叫检索技术。

现行的电子计算机检索制度是当工作人员在终端上与信息库接通后，要求某一方面的材料，电子计算机按预定程序工作后，在终端上先显示出材料的题目，工作人员可以选其中若干项，第二步电子计算机再调出选定项目的提要，再在终端上显示，工作人员可以就此满足，或再进一步要那一项文件的详细摘要，再在终端上显示。最后工作人员也可以要附设于终端的复制机，制出材料的复制件。一般整个上述过程只要几分钟到十几分钟。

现代化的最后一个问题是通信问题或通信技术。情报资料、图书、文献和档案的存储库是一个投资项目，不可能谁人都有，必须设于中心地点。电子计算机也是一个投资项目，也只能放在中心地点。而终端又必须在使用者身旁才方便，这就要有从终端到电子计算机、到中心库的通信线路。通信线路把终端、电子计算机和存储库组成一个体系，这个体系就是情报资料、图书、文献和档案的自动化体系。前面已经说过，存储技术还有很大的潜力，还可以大大提高，自动化体系中其他两门技术，电子计算机的检索技术和通信技术也同样可以大大发展，所以现代化情报资料、图书、文献和档案体系还可以进一步发展，承担起比现在能想到的还要大得多的工作。

三

虽然上述以电子计算机检索为核心的自动化体系出现也不过十几年，但目前已风起云涌，发展十分迅速。有的是专业化的，以某一特定领域为界限的，如化学文献；有的以某一单位的业务为界限，如美国《纽约时报》的资料库；也有的以某一社会活动为范围，如零售商情等。因为本来情报资料、图书、文献和档案中的绝大部分是没有国家界限的，各搞各自的，会造成重复，所以自然而然地出现国际的联系。西欧国家就是如此，某一个国家的工作人员可以通过体系的通信网去调看另一个国家存储库的材料。由此看来沟通全世界，形成一个全球性的体系是大势所趋。这里首先出现一个标准化的问题，即检索用的编码要标准化，不然国与国之间，甚至存储库与存储库之间不统一，不便使用。至于人类语言的标准化恐怕不是短时间内能实现的，所以我们为了能充分使用情报资料、图书、文献和档案的自动化体系就应该多学几门外文。学外文应该成为教育的一个重要内容。当然，将来终端技术有了发展时，终端可以自动地把外文翻译出来。

对我国来说，汉字的编码是个必须抓紧解决的问题。对此，我国科学技术情报工作人员早已重视。已开过多次会议研究，但因汉字结构自成一格，没有可参考的材料，大家各抒己见，提出的方案不下数十种，有的直接用拉丁字母拼音，

有的用汉字笔画，有的用字形号码，有的用形旁声旁等，还定不下来。因为汉字编码又涉及将来汉字的自动化打字，汉文的自动化排字，进而涉及汉字的简化。这是一个很复杂而又十分重要的问题，一旦定案，就不宜轻易改动，是百年大计。最好由国家召集各有关方面共同研究，不能只靠科学技术情报工作者来选定汉字编码方案。

既然要参加世界网，那就有一个参加什么的问题，总有一些是我国地区性的，不必参加世界交流的。这个界限分清后，才好搞编码，搞存储库的安排。在此基础上，我们要搞国家情报资料、图书、文献和档案体系的设计或规划，建什么样的存储库，设什么样的电子计算机，以及通信线路的建设，终端的大体数目等。而这一切又必须同已有的老的设施，诸如图书馆等以及世界的体系衔接起来。这是一个庞大的“系统”，它的设计、规划、建设和运转，以及逐步改进将是一件大事，是一种系统工程①工作。从系统工程的技术角度来看，情报资料、图书、文献和档案都是一种“信息”，这种系统工程的目的就是信息的存储、信息的检索和提取，信息的传输和信息的显示，所以这整个技术可以称为信息系统工程。

为了建立这个现代化的信息系统或信息体系，我们一定要逐步发展我国的某些工业，如存储材料工业、终端工业、复制机工业等；也要培养“信息科学技术”的专门人才，现有的图书馆、档案馆、情报资料单位的工作人员还必须培训和学习这门新技术。他们是信息专家或信息工程师，是信息体系的建设者，也是使用中的向导和顾问。

在打好我国基础后，我们要考虑参加全世界的信息体系。世界信息体系所要的通信道，看来最宜用通信卫星，它信道质量好，通信距离远，建设费用低。也可能是这个原因，有人称航天技术的当前阶段为航天信息技术时代。

四

当我们讨论了建立现代化的情报资料、图书、文献和档案信息体系之后，让我们想一想这将是多大的一个变化。人自一生下来，都在用脑子记住以往人类和自己社会实践的经验和由此而产生的知识。对一个脑力劳动者来说更是如此。古人夸一个学者，说他博学强记，可见在脑子里记住学问的重要性。但一个人记得住的东西虽有不同，有人多些，有人少些，但总有限，比起人类千百年累积的知识量，不过沧海之一粟，所以前人也说皓头穷经。但在将来，我们将从这一繁重的脑力劳动中彻底解放出来：查阅材料可以做到如同自己脑子记住它一样便捷，那就不要去费脑子记了，需要时用终端就是了。

① 钱学森，许国志，王寿云．组织管理的技术——系统工程．文汇报，1978-9-27（1，4）．

我们再深思一步：什么是情报资料、图书、文献和档案？它包括不包括文学？当然包括。它包括不包括绘画？也包括。它还包括音乐乐谱、录音、包括录像……，包括文物档案。甚至通过全息摄影，它也可以包括造型美术，如雕塑等。那么，我们所设计的信息体系简直可以包括全部人类千百年来创造的，而且还在不断创造的精神财富①。而这全部精神财富可以由我们每一个人随手调用和享受。这不但是从旧的脑力劳动中解放出来，而且是获得了一个伟大的新世界，从来未有的高度文化的新世界。难道这不是天翻地覆的变化！

脑子不要花在记忆上了，那脑子还干什么？从繁重性记忆脑力劳动解放出来的人，将有可能把智慧集中到整理人类的知识，全面考察，融会贯通，从而能搞更多更高的创造性脑力劳动。人将变得更为聪明，人类的前进步伐更将加快。

这一变化也将使传统的教育制度发生根本的变化，学习内容不同了，除了掌握好语言文字和外文，重点将是整体，不是枝节，学是要学好基础，学科学技术的体系②，学自然科学的体系，学社会科学的体系，学哲学，这是理论学习。另一方面是运用这些理论的技巧或手艺，这包括脑力劳动和体力劳动，这也是必要的，不然我们还是不会改造客观世界，只能空谈，不务实际了。但我们看得出来，脑力劳动和体力劳动的差别将大大缩小，趋于消亡。这就是现代化情报资料、图书、文献和档案信息体系所带来的影响，以及它的进一步发展所显示的前景。恩格斯说过："摆脱了资本主义生产的框框的社会"，能"造就全面发展的一代生产者，他们懂得整个工业生产的科学基础，而且其中每一个人都从头到尾地实际阅历过整整一系列生产部门，所以这样的社会将创造新的生产力"③。所以这个前景就是走向共产主义。

触发这一伟大变革的，仍然是电子计算机。这样看来，难道电子计算机不是毛主席讲的能与蒸汽机、电力和核能并列的一项技术革命吗？

第二节　科技情报工作的科学技术*

最近看到《陕西情报工作》1983年第1期有一篇很短的文章④，是祝贺我们国家的两个刊物《情报科学》和《情报学刊》创刊三周年的，它提出了这么一个

---

* 本节内容是钱学森1983年7月2日在国防科技情报工作会议上的讲话。发表前，7月21日作者又作了整理修改。

① 在国外，有人称情报资料为"人类的第二资源"．这是强调了情报资料的重要性，但按中国话的习惯，这是不妥当的．我们还是用"人类精神财富"这个词．

② 钱学森．科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学．哲学研究，1979，1：20～27．

③ 马克思恩格斯选集．北京：人民出版社，1972：335，336．

④ 为发展中国情报学而开创新的局面．陕西情报工作，1983，1：4．

问题：以前对于情报工作，对于科技情报工作，我们主要是从工作的角度来看待的，就是有这样一件事情，有这么一项很重要的工作。但是我们没有从科学技术的角度来对待情报工作，没有把情报工作的科学技术问题作为一门学问来考虑。它说三年前，《情报科学》和《情报学刊》创刊，才标志着科技情报工作作为一门科学，作为一门技术来看待。这些话是很有启发的。因为，我想差不多半个世纪以前，还是我当研究生的时代，那时候我所依靠的无非是学校图书馆的管理员，要他帮助把期刊、书籍搞到手。情报工作在我的概念里几乎是没有的，不存在的。因为当时科技文献的数量还不算很大，我作一项研究也就是读有关的文献，好像不需要什么情报工作帮忙。后来，将近半个世纪，情况变化是很大的。国防科委建立初期，聂荣臻同志就很重视情报工作，1956 年建立第五研究院时，就设置了情报机构。但是，现在回顾，当时我们所用的办法，我们对情报工作的概念比起现在来是很原始的。从那时到现在有一个非常重要的变化，就是图书、期刊和其他资料的数量有了飞跃的增长，一个人想靠自己的力量去找齐有关文献是不太可能的了。与此同时，由于现代科学技术的发展，特别是电子计算机、电子技术的发展，情报工作的手段是大大的发展了。我曾经写过一篇东西[①]，主要是讲现代技术，特别是电子技术、电子计算机的发展对于情报工作今后发展的影响。但是，现在来看，我在那篇东西里所写的已是很不够了，特别是没有把科技情报工作作为一门科学技术来考虑。所以，在这篇文字里我想着重地讲讲情报工作，特别是科技情报工作，以及国防科技情报工作，作为一门科学技术来考虑的一些意见。

开宗明义，必须强调我们研究情报这一门科学技术，一定要用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点、方法。或者，换一句话说，我们必须用马克思主义的哲学来指导我们研究情报科学技术。为什么是这样呢？因为从工作的开展、所使用的技术、取得的成绩来看，美国等发达国家比我们确实先进很多。那么，我们当然要学他们好的东西，但是也必须说清楚，就是在学他们的所长的时候，千万不要把他们的所短，把他们的错误也都学来了。我们做这些工作的时候，脑子里要有条弦，就是马克思列宁主义、毛泽东思想，就是马克思主义哲学，就是辩证唯物主义和历史唯物主义，不然的话，我们可能会好心办错事。

一

第一个问题，什么是情报？这个问题，在近几年，我们国内也有很多的议

① 钱学森. 情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响. 科技情报工作，1979，7：1～5.

论，各式各样的说法。在《情报学刊》1983年第一期上，有一篇黄耀煌写的文章[①]，关于情报定义的描述他就列举了三十七种说法，他举的第一个说法是这么讲的，“情报总是一件事情，或者是一种知识，这内容对于有一部分人应该知道而还不知道，因而需要情报机构人员概括、组织、编纂、加工、评价，然后经过交流的工作，传递的工作，送到对象那里去。”还有一种讲法是讲“情报是意志、决策、部署、规划、行动所需要的知识和智慧。”还有的说情报是信息等。在同一篇文章里头，还附录了构成情报的许多要素，一共有二十九个要素。譬如说，知识是要素，智慧是要素，传递、传播、报道是要素，系列化也是要素，特定的需要也是要素，反馈与预测也是要素，新的知识也是要素，使用价值也是要素，效用、分类性、什么客观的、可以接收和储存的、先进性、载体语言与符号、主观性、时间、杂伪、信息性、衰变性、不均匀性、相关性、随机性、增量等，一共有二十九个要素。这些提法，我觉得都有它对的一部分，我们可以很好地研究一下。我们能不能把情报这个概念科学地明确一下？我现在试图提一个，看对不对？我理解，情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识，这里头包含了两个概念，一个就是它是知识，不是假的、乱猜的，应该是知识。再有一个呢？它是为特定的要求，也就是为了特定的问题，所以及时性和针对性是非常重要的，人家问的是这个问题，你回答的是另外一个问题，那当然不行。所以，我想能不能把这么许多意见概括起来，是不是可以说情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识，要注意它的及时性和针对性这个要求。那么从这样一个概念出发，就要考虑考虑情报和知识是不是完全等同的。这就要求再深入一步，什么是知识？

有一个习惯的说法，情报就是一种资源。现在还说人力资源。可见我们对于资源这两个字，怎么用法，值得斟酌。这不是一个随便的问题，资源指的是物质的自然资源，马克思在哥达纲领批判中是讲清楚了的。资源应该是物质的，是客观存在的，我们才去利用这个资源，开发这个资源。从这意义上讲，人是物质的，人也是客观存在的，所以说开发人力的资源，我觉得还是可以这么用。那么知识是不是就是物质呢？我觉得知识、文化，似乎不能够把它看做是物质的东西。我们说知识，譬如说一本书是知识，我们绝不是说是印这本书的那些纸和这本书上印的那些油墨，我们不是指这个，这是物质的，我们是指这本书里面所包含的人认识客观世界的一些信息，或者思想。那么，这是不是物质的？这是唯物主义或唯心主义的大问题。我觉得这样一个问题应该慎重地研究，因为现在西方的哲学界里有各式各样的议论很混乱。为了避免混乱，我认为知识、文化应该用

① 黄耀煌．近两年我国情报概念争鸣的剖析．情报学刊，1983，1：23～27．

另外一个更概括性的词，把它总括起来，用“精神财富”这样一个词[①]。

我们知道，人认识客观世界的成果是从有了语言文字以来，已经长期不限于认识个体自己所有了，它是公之于集体的，传之于后代的，也就是成了公有的知识文化的财富。这就是我们讲的精神财富。如果说再进一步明确一点的话，那就是精神财富必然受创造它的人的主观意识的影响。封建主有他看问题、分析问题的立场和观点，资本家有他看问题、分析问题的立场和观点，他们都有局限性的。当然，在认识客观世界，也就是认识社会和认识自然的不同范畴里面，这种局限性的表现形式和它的程度是有所不同的。认识自然，封建主、资本家的局限性就小一些，但总体上来看，人的主观意识，阶级倾向，对精神财富的影响，那是不可否认的。在我们国家，精神财富必须是促进社会主义建设的，有利于社会主义文明的。所以，要说得更准确一些，在我们国家，精神财富要加一个限制词，就叫社会主义的精神财富。再有一点，就是精神财富不是哪一个人能够独立创造出来的。我们现在有的财富，那是上下几千年全人类的劳动结果，今天任何一个人如果还想对这个财富增加一点点的东西，他也必须首先有知识、有文化。这就是说，今天作为一个认识主体，来认识客观世界，那么，打交道的还不光是客观世界，我们一开始就要同精神财富打交道。这样说起来，我们似乎对经典的哲学应该加一点补充，就是人认识客观世界的过程中间，有三个方面在起作用：第一个是人，这是认识主体；第二个是客观世界，这是认识的对象；第三个是精神财富，那是全人类所创造的认识客观世界的工具。我们说三个方面，但是必须明确，客观世界，也就是物质，这是第一性的。起认识作用的人的意识，也就是精神，这是大脑的产品，或者说，是大脑的这么一个物质的活动的一个表现，所以，意识或者精神，是第二性的，因为它也是物质的大脑所产生的。那么这里的精神财富，那是人类创造的，反映了人对客观世界的认识，这个当然也是第二性的。这个说法比起经典的马克思主义哲学有了一点儿发展了，就是客观世界和作为认识主体的人之外，加了一个精神财富这样一个不同于这两个东西的第三个东西。但是，马克思主义哲学的根本原理没有变，物质是第一性的，精神是第二性的。

我这样一种说法，是一方面吸取了一点新的东西，这新的东西就是英国的哲学家（或者叫科学哲学家）卡尔·波普尔的一些说法，但是也批评了、反对了卡尔·波普尔的二元论的说法。波普尔很出名，在英国还封了他爵士。他对于现代科学有些看法，提出了三个世界的理论。在他这三个世界的理论里头，是强调了精神财富这个领域，这一点是对的，但是在他来看，这三个世界都是等同的、独立的，世界一就是客观世界，世界二就是精神世界，世界三就是知识世界，而且

① 钱学森. 研究社会主义精神财富创造事业的学问——文化学. 中国社会科学，1982，6：89～96.

他强调这三个世界都可以独立地发展，这就搞乱了。特别让人家很难接受的就是说这个知识世界，它自己就有独立性，自己可以自由自在地在那儿发展。这是十分荒谬的了。知识是人去创造的嘛，知识怎么能独立自主地在那儿发展呢！所以，实际上波普尔是陷入了哲学里面的二元论。这在资本主义国家的这些哲学家是不能理解的，因为他们没有马克思主义哲学，不懂得辩证唯物主义。我说这一段就是要强调这个知识的领域，也就是精神财富。精神财富不是物质，它是人的意识、人的精神在认识客观世界过程当中所创造的东西。我的意见就是把情报说成是，资源这好像不大妥当，因为情报不是物质的。我们应该说情报是一种特别的精神财富，是一种特别的知识。

那么这个“特别”，特别在哪儿？我觉得说特别，是不是可以用这么一个词，就是说情报是激活了的、活化了的知识，是激活了、活化的精神财富。那么，怎么叫活化了、激活了呢？我觉得，回答这个问题就在于我们给情报下了个定义，一方面是知识，另一方面对情报有个要求，就是它要针对某一问题，有及时性、针对性的需要，这个是情报的非常重要的一个因素。在过去两三年的讨论当中，对这个问题也是反反复复提到的，那么刚才我把它概括起来，提了一个对情报的定义，这里头就强调一是知识，二是它有及时性、针对性。及时性、针对性就是说它不是一般的知识，而是针对某一问题，你要把它提出来，这一提就是激活了、活化了。我们常常说情报资料，我看现在要把情报和资料分开，情报之所以能产生，离不开资料，但是资料不是情报。我们的这个领域是包括资料的，但是，情报还要经过一个活化、激活的过程。也就是僵死的资料不是情报，情报是激活了的、活化了的知识，或者精神财富，或者说是利用资料提取出来的东西。

二

我们为了取得情报，就必须积累资料，所以，我们说的情报事业，或者叫情报工作当然要包括资料、图书、档案等这些方面的搜集工作。那么从整个过程来看，我想是不是包括这么四个方面的工作：第一，因为你要提供及时的、准确的、有针对性的情报，这些情报又是从你的资料库里面提出来的，你怎么去搜集你的资料呢？你怎么去建立你的资料库呢？你就需要预测社会的发展，比如说，在国防科研和国防工业的领域里，就要预测国防科学技术会怎么样发展，有针对性地去搜集资料。这是准备工作，不要等到有人来问，要提供那一个情报，措手莫及。要预测需要，然后按这个需要去搜集资料。第二，还要向需要情报的用户，介绍你库存资料的范围和情况，这就叫宣传介绍工作。假如有人有问题想找你，可还不知道你这儿有这个资料，他当然不会找你了。所以有了资料库，还要介绍这个资料库的内容。第三，一个很大的工程就是检索的体系，情报资料检索

的技术体系要搞起来。因为这些资料、情报都是浩如烟海的，老办法是不行了，必须用新的科学办法，这就是科学的、现代化的检索系统。第四，当用户需要的时候，你能够提供正确的而不是错误的，科学的而不是乱七八糟的情报，同时又要有针对性、及时性。这样的情报要求不一定是你的库存的那一个项目，一拿出来就正好是这个。也就是说从资料、从知识变成有用的情报，还需要加工。这就叫情报分析工作，或者叫情报研究工作。

以上分析细一点，就划成四个方面的工作。如果概括一点，无非也就是两大方面：一个就是把资料收集起来，建立资料库，建立检索系统，以便于使用；另一个就是把这些资料活化，激活了以后，变成情报。这就需要分析、研究、提供。当然，这两个方面有相互影响。刚才讲的那四个方面，就讲到了相互影响。你搜集资料，首先你就得想一想，将来谁是你的用户，他会要什么东西。再一个要向用户宣传，你存了什么宝贝，他好来请教你。所以这两方面是相互作用的。

我们今天应该把上面说的四项工作或者两个领域，作为一门科学技术来研究，我们的国防科技情报工作再也不能像以前那样，仅仅是看作一项工作，必须把它考虑成为一门科学技术，这一点我要强调。以前，我们对组织管理就仅仅看成是一项工作，而不是看成一门学问，管理嘛，“办”就是了，因此也就没有去建立和发展组织管理的科学技术，更没有去培养组织管理的专门人才。到现在我国的科学技术落后于发达国家，而组织管理尤其落后，这是个教训。科技情报工作不能再重复这个失误，一定要把它看成是一门科学技术。现在要把这门科学搞好，要在我们中华人民共和国建立这一门科学技术。

三

总的任务明确了，现在就具体地说说有一些什么科技领域要研究。你要搞情报，你就离不开资料、知识，离不开积累知识，要把科技知识积累起来。所以，第一项科学技术，就是收集、翻译以至于出版工具书这一类工作的科学技术。以前对这方面的工作总认为没有什么可研究的，收集就是收集，翻译就是翻译，编辑工具书就是编辑一下就是了。这还有什么科学技术？我觉得以前的考虑是不够的，我说收集资料的问题，是一门科学技术，是要好好下工夫研究的。

这主要是因为收集的对象是十分复杂的，就以图书资料来说，它包括出版公司和出版社出版的书籍，个人印的书籍，国家机关印发出版的书籍、报告和文件，各学术团体编辑出版的定期刊物，出版公司、出版社出版的定期刊物，还有许多不定期的刊物。在我们国家和其他国家也还有学校出版的学报等刊物。我们要做好资料的收集工作，首先要对这么庞大而又是多种文字的图书资料有一个比较清晰的了解，每一家出版公司、出版社的特点，出什么种类的书刊，质量如

何，国家机关书刊的性质和种类，学术刊物的权威性如何，是严肃的还是流行争议性的等。搞清这些问题是一种专门的学问，是图书馆学的一部分吧。只不过现在研究范围大为扩充，已是世界性的，多种文字的了，而且图书资料的情况又不是一成不变的，出版单位在变，老的可能退出，新的不断出现，学术刊物的增长变化也是不断的。所以这门学问又是运动变化的学问。在我们国家有一些在大图书馆工作多年的老馆员，从实践中积累了这方面的丰富知识，是十分可贵的。

研究这门学问，也许可以叫做“资料学”吧，也当然要靠另一些资料，如书刊的广告、出版物的订购订阅单、出版通知、学术会议的消息、书籍的评论介绍以及专门的书籍和期刊文章评论刊物。这些资料本身又是千头万绪的，我们应该把其中的概况和比较稳定部分整理出来，编写成工具书，作为资料学的一个基础。

资料收集的又一个方面是通过国际的学术交往，对象是人，从科学技术资料来说，就是世界的科学家、工程师和专家们。这是活的对象，比起上面讲的图书资料来更难研究，当然各国都出版一些名人录，大的学术组织也出版会员录，还有其他各种各样的人物志等。但是作为资料收集的对象对一个人、对一位科学家、一位工程师、一位专家的了解不能停止于上述的文字传记式材料，我们还要了解每一个人的脾气、工作喜好和生活习惯。这些又涉及社会风尚、社会关系、心理学等领域的学问。此外，语言是人和人交往的工具，如果不能用工作对象自己的语言和他交谈，是无法形成和谐的气氛的。我们以前在这方面下的工夫是很不够的，也没有编写必要的工具书。今后一定要在这个领域内认真努力，为开展国际科学技术交流创造一个新局面。

四

下面谈谈情报资料、档案、图书、刊物的存储检索技术。需要强调的是我们做科技情报工作的同志要抓这件事，但这项科学技术是很广泛的。例如，电子计算机，我们不能代替国家研制电子计算机技术，发展电子计算机的技术队伍，但我们要把要求反映清楚，希望他们的工作和我们配合起来。又如，英语或者外语的全套资料的存储和检索，可以用外国已经建立起来的系统，可以坐享其成。但也有个问题，他们的系统也是很复杂的，花样很多，我们在引进这些技术的时候要有我们的规格，不要弄乱了。至于汉语的体系，要建立我们自己的，国外也在搞，但没搞出来。我们国家最近搞出一些成就，已经做了不少工作，国防科工委也开过几次会，领导很重视，但还要继续努力，进一步完善。

再一个是存储技术和提取技术，这正在一步步发展。最古老的当然是印刷了，然后发展到显微胶卷，发展到磁带，现在还要进一步发展。例如，用激光判

读的码盘，在一面码盘上可以刻上只有头发丝五十分之一那么宽的小坑，一共二百五十亿个，就用它来存储信息，因为激光束判读时不会磨损盘表面，因此使用寿命很长，比磁带长得多。激光码盘原是为了录像而发展起来的，已有十年的历史了，现在因磁带录像已占据了市场，要另找出路，才发现资料信息存储这个应用[①]，现在看这将作为资料存储的很好手段。再有就是全息激光技术，用全息图来储存信息，我国也有人在搞，也是很有希望的技术。

所有这一些，当然涉及的专业面那是很广的，我们搞科技情报工作是要靠别人来协作，任务要委托出去。但是，这方面工作的规划、计划还要我们来抓。只有我们对于需要、目的才比较明确，而且要用一种长远的眼光来看这个问题。这些技术不是一下子能够取得的，需要一段时间，这就要列入规划，一步一步地来搞，若干年后，正是我们需要的时候，它这个技术出来了，那就正好。

关于存储检索技术，因为大家已比较注意，各方面也已做了不少工作，我就不再在这里细说了。但结合存储检索技术，应该提出建立情报信息网中一项重点建设：通信线路的问题。在情报信息网里，信息流通是根本，而我们现在通信线路还有空白点，就是有线路的地方，容量也远不能满足需要，可靠性也差。这些问题不解决，网就是空话。当然这里面也有技术问题，但更多的是组织计划问题，所以说是重点建设。

五

现在来讲讲第三个方面的情报科学技术，情报分析或情报研究。既然说情报是激活了的知识，或者精神财富，那么怎么激活？有一个了解用户需要的问题，有了这个需要，题目出来了，就有一个怎么能从浩如烟海的资料库里面提取出来这个情报，怎么让它变活，我们以前做的大概还很不够。我稍微知道一点国防科工委的情报研究所的工作。他们在这个方面是开展了一些工作，因为原来的国防科委要求我们情报所提供一些战略发展方面的情报，他们就不能找一篇资料翻译出来就行啦，而是要查找很多资料，才能看到发展趋向。但这方面的工作，做得还不多，用的方法也比较简单，看十篇、二十篇东西，然后把它综合一下，这还不是现在国外所说的情报分析研究工作。高级一点的情报研究工作，实际上是一个综合的技术。这种综合技术就要用系统科学和系统工程的方法。下面举几个实例来说明。

先说希特勒追查泄密事件的例子[②]。这是 1935 年，正当法西斯德国的战争

---

① Fox B. A revolution for video discs. New Scientist，1982，96（1328）：150.

② 田新建. 希特勒追查泄密事件. 国防科技情报工作，1982，6：15.

机器开始加速运转的时候，有一个名字叫雅各布的德国新闻记者，出版了一本小册子，书中具体地记载了当时正在重新武装的德军情况，其中包括德军的组织机构、参谋部的人员分布、各个军区的情况，并且列举了168名指挥员的姓名和他们的简历。这么一个文件，希特勒知道以后就大发雷霆，说谁泄的密，叫查。后来，德国的情报部把雅各布从英国骗到德国，审讯他，后来雅各布说，他这上头说的每一件事情都是德国公开的报纸上登过的。而且把证据都拿出来，说他上面写的什么，这个资料哪儿来的，是哪年哪月哪日什么报上那一条讲的。审完以后证明所有这些东西都是公开报纸上讲的，没有什么秘密的渠道。所以，这件案子也只好不了了之。我觉得这件事情，就是我提的叫综合。这个综合就是把所存的材料拼拼凑凑，点点滴滴给它加起来。但是，有一个重要的内容、因素，就是拼这些东西得有一个框架，有个模型。拣了东西往这儿放上一点，往那儿放上一点，你知道往哪儿搁。

再举个例子，就是在普法战争的时候，马克思在伦敦，恩格斯在曼彻斯特，恩格斯常常写关于战争发展的文章①，有一次他预见，过两天就要发生一场战争，对这个仗大概怎么打，而且最后胜负是怎么一个情况，都预见到了，他写了这么一篇文章，用快邮寄给马克思，告诉马克思收到这个东西以后，马上交给伦敦的《派尔一麦尔新闻》编辑部。为了争取时间，马克思坐马车到编辑部，把稿件给了编辑部。编辑部很重视，第二天早上登出来了，而这场战争后来打起来了，而战争的结果，与恩格斯的预见完全一致。那么，恩格斯是不是有什么特殊的渠道呢？没有。但是恩格斯掌握了马克思主义的哲学、辩证唯物主义和历史唯物主义、马克思主义的军事学。所以他听到那些事，把它往这个框架里一搁，整个的情况就出来啦。

情报的分析工作，靠一个模型。我举这两个例子，都说明有了模型以后，你再把搜集到的点滴资料输入到这个模型里头去，这个全貌就出来了。有同志会说，那你得有一个模型，假设没有这个模型，怎么办？即使没有这样一个模型，现在系统工程、系统科学的方法也告诉我们还是有办法的。第一，首先是定性的，所谓系统分析这个办法就是把搜集来的这些数据，可以经过系统分析，摸清它的趋向性的、定性的一些东西。在这个基础上，还有在系统工程中最近十年发展起来的"系统辨识"方法。例如，你对这个系统不知道，里面关系是什么不清楚，但是你有很多数据，有这个系统的输入和输出数据，你就可以用一套科学的方法去凑，凑、凑、凑，最后，这个系统本身的结构就能凑出来，这就是"系统辨识"。甚至在更困难的情况下，不知道系统的输入数据，只知道输出，不知道这个黑箱子是怎么回事，我们还可以用系统辨识对这个黑箱子的内容猜个八九不

---

① 敬恩. 学习恩格斯分析战争现象的科学方法. 哲学研究，1980，12：29～34.

离十，那么黑箱的内容一出来以后，猜得差不多了，再把那些数据综合在一起，整个的东西就清楚了。所以如果有一个模型，这个事情好办，假设没有模型也可以办，因为有现代的系统工程或者系统科学的方法，首先是系统分析可以定性，然后进一步用系统辨识，还可以定量。所以情报的分析，这一门科学技术也是大有可为的，可以干的，不是说现在没有门道。国外正大量应用。最近看到一个材料，美国跟苏联的特务克格勒作斗争，苏联特务多，每个人都有点迹象，好像是有一点特务的味儿，但是完全靠这一个人的一两件事情，又定不下来他真正的罪行，下不了决心。处于这么一个状态，美国就搞了一个模型，把模型输入计算机。因为这些特务的活动都是相互关联的，所以把所有的观察到的点点滴滴可疑点都输进去，再用电子计算机的系统辨识，这么一来，结果是真相大白，一个个特务是怎么回事就清楚了。然后把几个特别清楚的下决心驱逐出境。这件事，我想用的就是这套办法。

上面介绍的是情报科学技术的第三个方面，情报分析研究的科学技术，也可以说是生产情报的科学技术。这是一门重要的科学技术，我们要在这方面作出努力。

六

总的来讲，情报的科学技术里面第一个问题就是关于情报的搜集，这个我们要下工夫作为一门科学技术来研究；第二个问题就是建立情报储存、检索体系，这要作为科学技术来研究，我们要来抓，要靠全国协同；第三个就是情报分析的科学技术。这个我只说一下，这不是完全新的，不是一点基础都没有的，确实是有基础的，历史的实践有基础，现在的系统科学的发展，系统工程的发展，也给我们提供了许多方法。所以，就讲这么三个方面的科学技术。当然，我只讲了这三方面，也可能很不全，仅仅是抛砖引玉。“玉”是要大家来研究，才能得到。但是，总的想说明这么一个问题：我们现在对于科技情报工作的认识，应该是大大不同于十年前、二十年前的认识，如果那时候我们还是把科技情报工作看做是一个事情、一个工作要办，那么，现在我们必须认识到要做好这件工作，首先要研究科技情报工作本身的科学技术。

这是一门学问，它的影响将是很大的，它关系到我们社会主义物质文明和精神文明的建设。我们应该把情报工作看做是创造精神财富的事业中很重要的一个方面，是一件大事情。我们从前讲的一句话：“秀才不出门，能知天下事。”他也是靠情报、靠信息吧。现在，我们确实能够做到，那就是靠我们的情报体系或者叫情报信息这么一个体系。我们每一个人都在这个体系里头，每天也不能离开它，就像人不能离开空气一样。同志们！我们不是说大气层或者叫大气圈吗？它

上面是对流层，再上去有同温层，再上去，地球外边有“磁圈”。国外有人利用了这个比喻，造了一个字，叫 Noosphere，sphere 就是“圈”或“层”的意思，noo，来源于希腊文，是“知识”、“信息”的意思，就是每个人在这么一个层里边。这个“层”是什么构成的呢？就是情报信息、知识、文化这么一个领域。所以，我觉得我们说的这个事要放远来看，要看到将来会是什么样子呢？那就是我们这一个情报知识、信息这个体系，简直可以包括全部人类几千年来所创造的，而且还在不断地创造着的精神财富。而且这个全部的精神财富都可以由我们每一个人随手调用和享受，因为都通了嘛，谁都有一个终端嘛！那么，这样我们不但能从旧的脑力劳动中解放出来，而且我们将获得一个伟大的新的世界，从来没有的高度文化的新的世界。我们的脑子不要花在记忆上啦，我们的脑子还可以干别的，也就是从繁重的记忆劳动解放出来，把智慧集中到整理全人类的知识。全面考察，融会贯通，从而能够创造更多更高的脑力劳动的成果，也就是人变得更聪明了，人类前进的步伐将会加快了。这几句话是在 1979 年的那篇文章里讲的。讲得远了，但远的也要讲一点，就是我们现在干的这个事，要看得远些，就是这么一个前景。

七

现在再结合讲讲我们国防科学技术情报工作。国防科学技术情报是用来服务于我们国家的国防事业。国防事业包括研究、设计、试验、试验定型、批量生产、部队使用、作战等各个方面的科学技术。当然，现在我们各工业部还有民品，这也很重要。现在国防科学技术是越来越重要了，因此，科学技术情报也就越来越重要了。这就提出一个问题，即国防科学技术情报工作和一般的科技情报工作相比有没有特性？这个问题同志们也在研究[①]，在我们研究情报科学技术时，要注意到这些特点。对这个问题，我没有研究，我不多说了。但是，我们在研究特点的时候，也要注意到国防科技情报工作也是国家科技情报工作的一部分，我们和国家的科技情报工作有千丝万缕的联系，在强调我们的特点的同时，也要注意到我们和全国的联系。

我们现在还要研究规划问题，我也提一点这方面的看法。我国国防科技情报队伍是近□人，乍一听人数确实是不少，但是，我看这不能单纯地说□就多了，还是少了的问题，总的看也可以说不多，比如说仅仅我们几个国防工业部和基地、直属部队，就有将近□人，如果□人里，有一个人搞科技情报工作，那就是□了，那我们现在才多少呀，是不是我们□人里有一个就是多了呢？我们知道，

---

① 尊重科学，按客观规律办事．国防科技情报工作，1983，2：6～7.

美国人的情报工作是走在前面的，他们搞情报工作的就有 160 万，这个数字是 1980 年统计的数字。我们且不说它那整个搞情报资料工作的，就说这 160 万的十分之一，那也是 16 万啊。所以，这个问题不在于说□人是多了还是少了，我们要研究的不是在这方面推敲，而首先是看，要实现四个现代化，根据党中央、国务院、中央军委的指示，要实现国防现代化，国防科技情报工作到底应该是怎么样一个规模。当然也要看到，现在这个队伍里面没有充分发挥每个成员的积极性和才能，内部比例失调也是有的，是不是哪一方面多一些，哪一方面少一些，有的方面我们还根本没有做工作，例如在美国，在情报工作人员中专搞情报理论研究的占人员总数的近 1.3%[①]，而我们呢，几乎没有人专门搞情报理论研究，这是一个问题嘛！所以我们要制订规划，首先要研究情报科学技术这门学问，特别要研究国防科技情报工作这门科学技术的学问。

在开始研究这门学问的时候，我们千万不要一想就想到我们自己的那一块，那样想就没有想到全系统，你就看不清楚问题。现在我们要讲究系统，讲究整体地看问题。人们常说 ，只见树木不见森林，那是要迷失道路的。所以，我建议大家在研究这个问题的时候考虑考虑上面讲的那些问题对不对。比如说什么是情报；情报和知识和精神财富的关系；情报事业在整个精神财富的创造事业当中是占什么样的位置等。我曾经提过一个词，在我们社会主义国家应该研究创造精神财富的社会的科学，我把它叫做“文化学”，它包括整个教育、科学研究，但是，在这个领域里，“文化学”的领域里，情报科学也是很重要的组成部分。大家看，它在这个整体的工作中，情报工作中占一个什么位置。再有，我们也千万不要轻视基础理论和有关的哲学问题，比如客观世界是物质的，是第一性的，其他都是第二性的。第二性的并不是不重要的。人的意识和思维，这是第二性的，又是由它去认识客观世界、创造出人类的精神财富、知识、文化。这样的问题，也值得研究研究，也要考虑考虑，那就是思维科学方面的问题。我是把情报这个领域也作为思维科学里面的一部分来考虑的[②]。因为情报最后要和人的意识思维交互作用，如果人没法用，那就不叫情报了。所以思维意识和电子计算机的相互作用，这是思维科学需要研究的，也是人工智能需要研究的，是我们要研究的问题。最后，所有这些工作都涉及系统工程科学的问题，我们要建立一个很好的国防科技情报工作的体系，那么是一个系统工程的问题。所以我们在研究情报科学技术的同时，不要只研究情报科学本身，还要更广一点，这样我们才能把问题吃透。因此，我有个建议，要在我们这个队伍里加强学术活动，也就是要研究情报的科学技术问题，要把它作为一门科学技术来研究。中国科技情报学会国防科技情报专

---

① 美国情报专业人员．国防科技情报工作，1983，2：7.

② 钱学森．关于思维科学．自然杂志，1983，8：563～567.

业组的活动要加强，任务就是在我们国防科技情报队伍当中，研究情报的科学技术问题。

我们要在国防科技情报工作这门学问上先下点工夫，现在已经是七月了，今年还有半年，明年一年，再加上后年一点，我们能不能用这样两年的时间，大家齐心协力，在国防科技情报科学这样的问题上下工夫。在研究这个问题当中，也千万不要忘记，我们还是要用马克思主义、毛泽东思想的立场、观点、方法，还是要用马克思主义哲学指导我们的工作。因为外国有各式各样的东西，有的东西是好的，我们吸取，有的东西是不对的，我们要排除。下点工夫研究，通过一段时间，比如说两年时间，统一了认识，那事情就好办了，就可以结合我们国家的情况，结合我们国防科学技术、工业的情况，部队的情况，根据实际的情况来考虑我们的工作到底应该怎么做，也就是“七五”的规划。如果我们“七五”规划真正做的是科学规划，科学上是符合普遍规律的，又是符合中国的实际情况的，那么“七五”期间，就可以把步子迈大一点，把我们国防科技情报工作的体系搞起来。这样做是符合中央总的要求的：在 90 年代我们要有一个大的发展，迎接 21 世纪。

第三节　21 世纪的国防科技情报研究

1989 年 3 月 14 日是国防科工委情报研究所建所 30 周年纪念日，所长袁耀俊同志和政委许俊礼同志来信，要我写点什么，“哪怕是很短的稿子”。盛情难却！

写纪念性文章照例要说说 30 年来的成绩，继往开来嘛！但我想这个任务在这本《情报科学技术》为国防科工委情报所 30 周年的专刊里，一定有好多文章会讲，而且在 1983 年举行的情报所成果展览会上也已给人深刻的印象。我就不在此重复了。

我想对情报所来说，在此纪念庆祝的日子里，更重要的是展望未来，在这 20 世纪临近结束、21 世纪即将到来的时刻，要想想 21 世纪的国防科技情报研究。

而这已过去的 30 年可是不平凡啊！在这 30 年我们国家经历了天翻地覆的变化，特别是最近这十年，党的十一届三中全会以来的十年。但对情报研究来说，这 30 年又是在世界范围内信息产业兴起的时期，我们已进入“信息社会”，信息是新一次产业革命（我说的“第五次产业革命”）的特征之一！而情报研究又是信息产业的核心，是知识和信息激活过程[①]。所以情报研究是当今产业革命的

① 钱学森．科技情报工作的科学技术．国防科技情报工作，1983.

一项核心工作！面临这样的前景，我们情报研究工作者怎能不深受鼓舞！

当然我们是科学技术工作者，受任务的鼓舞还不够，还应该想想怎样实实在在地、一步一步地走向目标。这就要求我们，要看到差距。例如我国信息情报工作的力量分散，部门各自为政；就是国防科技情报工作也是摊子众多，没有组织协同好。但最致命的缺点是我们自己就没有“激活”，守着小家业过日子，观念陈旧，而又不想更新！例如六年前，我提出要创建一门情报研究的科学技术，叫知识和信息的激活技术吧，因而发起在我们情报所搞个定期的学术讨论班。讨论班开始了，但弄了大半年就停止了，搞不下去。只少数同志积极，大多数不积极，大家认为还是回到自己的小家业舒服！

话又说回来，这种观念上的保守又有其社会根源，很大程度是由于环境和秩序上的问题太多。人们的积极性不易调动。但要治理环境、整顿秩序又要靠我们每一个人的努力，不能等待，以坐享其成。所以我希望袁耀俊所长和许俊礼政委除了叫我写纪念所成立 30 周年的文章外，更重要的是动员并领导全所同志为迎接 21 世纪的国防科技情报研究而努力奋斗！

第六章　钱学森心系军事科学的书信

第一节　科学技术发展与战争形态的转变

致朱光亚、聂力、叶正大*

朱主任、聂副主任、叶副主任：

昨见《参考消息》1月18日1版题为《美国围绕对苏战略展开激烈争论》的报道，我想我们国防科工委科技委要考虑：战争由于科学技术的发展而进入一个新时代的问题。

古代是冷兵器时代，搞了几十个世纪。后来火药出现了，进入热兵器时代，到现在已有几个世纪。但现在是高技术时代了，战争看来也将进入一个新时代，"高技术武器时代"？这个是个大问题，关系到我军今后建设的大问题。我们应该研究。

是否有当？请示。

钱学森
1989.1.19

附上《参考消息》报道。

---

* 收信人"叶副主任"是时任国防科工委科技委副主任的叶正大同志。

致潘吉星

100732

本市贡院西街1号 中国科学院自然科学史研究所

潘吉星教授：

元月20日来信及大作《中国火箭技术史稿》、"The Oldest Representation of a Bombard"都收到，十分感谢！

冷兵器用了几十个世纪；热兵器如从十四世纪du起，已有七个世纪；但《参考消息》1989年1月18日头版有条报道，似乎又一代新兵器，高技术兵器，正在取代热兵器。从历史唯物主义的观点看，一代一代的演变是自然的。您以为如何？

此致

敬礼，并恭贺

春节！

钱学森

1989.1.30

致糜振玉

本市海淀区香山路 中国人民解放军军事科学院
糜振玉副院长：

奉上剪报复制件，请阅。

我想这条消息是重要的，它提出了一个问题：战争用的兵器是否正在进入一个新的时代？冷兵器延用了几十个世纪，终于被热兵器所代替。热兵器也已用了几个世纪，现在是否将被“高技术兵器”所代替？那战争也要变了。

以上看法，不知妥否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1989.2.10

致王寿云*

王寿云副秘书长：

作战的五个时代：

1. 徒手军队

2. 冷兵器军队

3. 热兵器军队

4. 机械化军队

5. 信息化军队

可以吗？请考虑。

钱学森

1994.8.24

* 这是钱学森答复王寿云同志关于如何概括人类战争和军队发展史的信。在 1995 年 1 月 2 日钱学森致王寿云同志信中，从社会经济与战争模式的关系上有进一步论述。

致王寿云

王寿云同志：

这几天我也翻看了托夫勒的《第三次浪潮战争》，您大概也在读这本书。

我的感觉是他的书提供了许多观点和想法，但很混乱，我们要用马克思列宁主义、毛泽东思想和邓小平同志建设有中国特色社会主义思想理论加以整理，找出我国国防建设的思路。

例如：他说第几次浪潮与战争模式有关，那实际是社会经济与战争模式的关系。也许应是：

第一次产业革命时代——徒手战时代

第二次产业革命时代——冷兵器战时代

第三次产业革命时代——热兵器战时代

第四次产业革命时代——机械化军队战时代

第五次产业革命时代——信息化军队战时代

这要进一步探讨。

您作为专门研究国防问题的人，似应组织力量（我您熟悉的同志）研究金琚老夫勒提出的问题，最后提出新时期我国人民解放军的建设方案，供中央军委考虑。

这是件大事，请酌。

钱学森
1995.1.2

致张可

611233
四川省崇州市56042部队10分队

张可同志：

您8月1日来信及您的硕士论文和尊作两本（《西方军事思想史概论》、《风暴秋收起义纪实》）都收到，我十分感谢！

我不是搞军事科学的，只因为我在原国防科工委科技委，现在的总装备部科技委，对21世纪的战争——陆、海、空、天、信息战部队的一体化战争、核威慑条件下的战争感到必须研究。见到《人民日报》对您的报道后，很受鼓舞，您是一位大有发展前途的人才啊！

现在我读了您的著作，更加深了

我对您的期望。我想中央领导和军委领导也对您这样看的，不然怎么会调您到成都军区当副团长呢？

我敬祝张可同志您成长为21世纪中国人民解放军的一位人才！一位在核威慑条件下，一体化战斗的指挥人才！

此致

敬礼！

钱学森

1998.8.8

第二节　军事哲学交流

致林伯野

北京市　中国人民解放军政治学院哲学教研室

林伯野同志：

十月二十三日信收到，很感谢。

到底用军事辩证法还是用军事哲学？您的意见是强调过去的习惯用语，而我是强调从整个现代科学技术体系看其合理性。我认为习惯要对合理性让步，所以不改了，还是军事哲学吧。

为什么更合理呢？辩证法不能概括整个马克思主义哲学。至于还有非马克思主义哲学的问题，其实词义是清楚的；如：您的教研室就称"哲学教研室"，没有再加"马克思主义"，称"马克思主义哲学教研室"嘛。

可不可以？请教。　此致

敬礼！

钱学森
1984.10.26

致王成业

陕西省西安市 中国人民解放军西安政治学院理论研究室

王成业同志：

七月十五日陕西省军事哲学研究会筹备组的信及《军事哲学研究》的材料都收到，十分感谢！

但我对军事哲学没有研究，就连军事哲学这个概念也是大约五年前从李际均同志（现任三十八军军长）那里学来的。后来我把军事科学列入奁了现代科学技术大部门之一，而且认为和其它大部门一样从理论到实践分三个层次：基础科学、技术科学和工程技术。在军事科学，基础科学是军事学，技术科学是军事学术，工程技术是军事技术。每一现代科学技术大部门都通过一架哲学桥梁与人类知识的最高概括、马克思主义哲学联接起来，在军事科学这一大部门，这架桥梁就是军事哲学。

研究军事哲学当然很重要，但也不容易：从前学科界限没有分得这样清楚，军事哲学同军事学结合在一起，统称军事思想；所以您们首先有个明确研究领域的问题。这一点，您们的文集论文都做到了吗？

说军事哲学的研究重要还因为它涉及的问题决不限于有枪有炮的热仗，还有商战、智力战以及其它两方或多方竞争的社会现象，都要用军事哲学。日本企业家不是非常注重钻研《孙子兵法》吗？

所以研究军事哲学是关系到我国四个现代化建设的大事，希望您们的研究会作出贡献！

此致

敬礼！

钱学森

1986.7.29

致张伊宁

本市海淀区　中国人民解放军国防大学战略教研室

张伊宁同志：

5月11日信及赐书、《提纲》稿都收到，十分感谢！您对我过奖了，我不敢当！

关于哲学与科学技术的关系，即是个科学技术的知识体系的问题；我个人意见在附呈小书的第六章及附文8、7、9页。至于军事哲学（或称军事辩证法）实是竞争、竞赛的哲学，也是斗争的哲学，所以用处不限于打仗，是有普遍意义的（见附文10、11页）。

因为国家是阶级的产物；我们国家不是要坚持四项基本原则吗？美国不是搞“美国之音”的广播吗？所以说到底，今天的世界还是以斗争为主旋律，只是方式、方法、格局改变了。战争变了，因为兵器、武器变了，社会也变了；今后是高技术武器时代。军事科学

院在研究这个问题，您何不找他们谈谈？

因此了解今天的世界是十分重要的；我们都要学习，不学习不行。为此直接看外文书刊非常重要，您能看吗？

此致

敬礼！

钱学森

1989.5.16

致王寿云

王副秘书长：

这几天我翻看了《国防系统分析专业组92年会论文集》，头几篇文章都写得很好！

但我也有一个考虑：讲战争不说《孙子兵法》行吗？讲国防不说毛泽东军事思想行吗？实质上是：军事哲学离不开马克思主义哲学。你们这些论文是在国内讲的，怕什么？要坚持真理嘛！

三天的会今天结束了，开得成功吧？

此致

敬礼！

钱学森

1993.1.6

致王寿云等六同志

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

又到一年的12月了。我最近在想什么？该向诸位报告了。想的是两个问题，现在分别陈述如下：

(一) 从中国前代哲学中提取精华，用来发展深化马克思主义哲学。

此事我说了多年，我自己做的只一小点，即把整体观引入开放的复杂巨系统研究；并提出要把整体论与还原论结合起来的从定性到定量综合集成。还能做什么？就不清楚了。

近来见到中国社会科学院哲学研究所道学专家胡孚琛副研究员的文章，《道家与道教文化的现代意义》(附上其复制件)，感到他也是向上述目标努力，他也做了些工作；因此我就反复读他的文章，并试图得些启示(见附上复制件页边的话)。但还

是没有走出困境，不得其门！后来又见到《哲学研究》1994年10期中山东大学《文史哲》编辑部陈炎同志文《论儒、墨、道、法系统》（也附上其复制件），才知道中国古代哲人虽分儒家、墨家、道家、法家，但孔、孟、墨、庄、老、孙、韩、荀，再到孔，八大家是相互关联的一个整体，不应分论。也就是说中国前代哲学也应从整体上理解。这非常重要。

具体怎么从这个中国前代哲学提炼出可以用来发展并深化马克思主义哲学的精华？还是没有门道。这几天见到我北京师大附中的老校友、北京大学哲学教授张岱年的文集，读了其中几篇文章，才悟到他是怎么干的：他是从行为科学的哲学概括——到马克思主义哲学的桥梁入手，而不是一下子就攻马克思主义哲学这个现代科学技术体系的最高概括！再想，

我不是也这么干的吗？说要用中国古代哲学的整体观，也是在系统科学的方法论，即系统科学的哲学概括系统论——系统科学到马克思主义哲学的桥梁。悟到的道理是：

提炼中国古代哲学思想中的精华来发展深化马克思主义哲学应先着眼于那十架桥梁：自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学、系统论、认识论、人天观、军事哲学、美学、行为科学哲学（社会论）和地理哲学。最后再考虑上升到马克思主义哲学本身。

原来如此呵！

（二）现代中国第三次社会革命的总目标。

这里我们决不能忘了我们所处的是世界社会形态，国际间的竞争与斗争是非常剧烈的。我们要首先好好学习并

总结 1.我们两千年以来的兵书，2.我们在现代中国第一次社会革命中对敌斗争，特别是对蒋介石反动力量的斗争，3.我们在现代中国第二次社会革命中外事工作。总结一定要上升到军事哲学。

发展军事科学不但是为了用于国际竞争，也对社会主义市场经济中的竞争有重要意义。此事可否由王寿云同志牵头，组织几位合作者干？

再就是国家和社会这个开放的复杂巨系统比起人体这个开放的复杂巨系统很相似。但因为我们就在国家和社会这个复杂巨系统之中，是其下面的组成部分，可以进行微观考察；而对人体我们要作微观考察就难了，往往是知其一，不知其二！所以我曾说过，人体科学是现代科学技术中的珠穆朗玛峰！这样我们研究现代中国的第三次社会革命就可以向

人体科学学习，吸取人体科学的经验。我们想想：医学不已有几千年的经验了吗？人的一生是有变化的，生、老、病、死，但模式基本一样，在几千年中重复了亿亿万万次，所以医学、特别是中医，是有经验基础的。研究社会要向医学学习。

人体科学给我们的整体观已吸收到研究社会了。

我近来想：人的一生大约是几十年，而我们人类社会已有几万年了，1:1000。人体自己调控是以秒计时的，那社会调控不就该以日计时了吗？但看看我们就是在现代中国的第二次社会革命中，社会调控也是以月计时、以季计时，甚至以年计时，太迟钝了！

这就使我们悟到现代中国第二次社会革命的总目标应该是：通过第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命，使社会主义政治文明建设、社会主义物

质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义地理建设协调发展，并且要求做到小问题在宏观调控中很日解决，大问题的宏观调控也不出一个月就解决。我们要为此目标建立起：

1）总体设计部体系，

2）信息统计体系，

3）总体的调控理论；……。

以上请各位考虑。我向各位报告我近日的思考。

此致

敬礼！

钱学森

1994.12.2

第三节　军事科学学科建设与拓展研究内容

致中国人民解放军后勤学院学术研究部外军部

北京市 中国人民解放军后勤学院学术研究部

外军部：

六月十七日信及为中国大百科全书军事卷写的《军事经济》词条稿都收到。我因工作的需要想学点军事经济，但我不是这方面的行家，所以把送来的打印稿一份交我们这里研究军事经济的金朱德同志（国防科工委综合计划部）先看看，并请他提出意见。金朱德同志的意见和改过的一份稿子附上，供参考。

我个人认为军事经济有共性的内容，也就是有战争就有军事经济问题，这一点好象恩格斯在《反杜林论》第二编第四章的"暴力论"已阐明了。就是在原始社会也有军事经济问题，更不要说封建社会了。但时代不同，军事经济问题的量和复杂程度

大不相同，到了近代军事经济才成为专门的学问。现代战争的规模和复杂性空前，再加上战争急烈的程度、即战斗集中的程度，使得军事经济成为一个国家经济问题的重大组织部分；而军事经济学也成为一门重要的科学。

当今世界上，军事经济学所要研究的内容又与国家的目的有关。苏美是一类，第三世界国家是又一类。在这后一类中打人民战争的，如我们，又有其特点。这都是军事经济在不同国家的个性了。

这两点看法不知对不对？请教。

我建议负责撰写《军事经济》词条的同志能同金朱德同志他们讨论讨论；集思广益，定能写好。

此致

敬礼！

钱学森

1984.6.30

致《中国人民解放军中国大百科全书（军事卷）》编审室

中国人民解放军中国大百科全书军事卷编审室：

九月十三日信收到，关于"军队管理学"问题答复如下：

(一) 军事科学作为现代科学技术体系中的一大部门有以下三个层次：最高最基础的、直接由马克思主义哲学指导的是军事思想（包括军事哲学及军事基础理论）；中间层次是军事学术，即指导军事技术的各门理论学科；再下面是军事活动的学问，是类似于工程技术的学科。

(二) 按此结构，军事历史学、军事运筹学、军事心理学、军事地理学、军事地形学、军事气象学、军事经济学等似属中间层次的军事学术。

(三) 问题是最下一个层次。具体军事活动的学问该怎

样划分？传统的说法是：军队教育训练学、军队政治工作学、军队后勤学等属“养兵”范围的学问；再就是属“用兵”范围的学问，军队指挥学。把具体军事活动集中到“养兵”和“用兵”两大部门是现代化军事组织体制的趋势，美苏等国都在这样办。（见《外军动向》（增刊）第6期，1984年9月4日）。

据此，军队管理学是一门横断军队教育训练学、军队政治工作学和军队后勤学的综合“养兵”的学问；而军队指挥学是又一门包括电子化（自动化）指挥体系在内的综合“用兵”的学问。这是一种为了现代化的改革。

（四）如何处理这种“新老交替”？一种做法是：加一个军队管理学条目，说明其上述涵义，具体内容

不陈述，参见有关条目。

（五）无论是"养兵"的学问还是"用兵"的学问都联系到军事系统工程，所以军事系统工程是军事卷的一个重要条目。

以上供参考。

此致

敬礼！

钱学森

1984.9.27

致宋时轮*

宋时轮院长：

我接到了《关于召开军事卷编审委员会第四次全体会议的通知》和文件。对您的《〈中国大百科全书〉军事卷五年工作基本总结（初稿）》我完全同意，提不出什么修改意见。几年来在您的领导下，我能为《中国大百科全书》军事卷作一点力所能及的工作感到十分高兴。现在此卷工作已近尾声，我在军事卷编委的任务也就基本完成了。我感谢您的领导和全体工作班子的帮助！

至于《中国军事大百科全书》，那是又一件规模浩大的重要工作。对这一新任务，我已多次表示，不能参加编辑工作。原因是：我想把我有限的精力放在最适于我干的事，不去搞那种已有他人能干，而且比我干得更好的事。这个想法已得到组织同意，我也希望能得到您的同意。

* 宋时轮时任中国人民解放军军事科学院院长。

如果您问我：谁代替我做《中国军事大百科全书》的编委？我首先推荐朱光亚同志，他现在是国防科工委科技委主任；他的能力和学术水平您是熟知的。在军事大百科编委中，他作为一位全面的科学家是再也合适不过的了。

若您还要一位年轻而有能力的工作同志，我推荐国防科工委科技委专职委员王寿云同志（他也是您部机关国防现代化发展战略系列讲座主讲人之一），他是《现代作战模拟》一书的作者。

这样，我想我已完成了我在这方面的任务，您可以同意吧？因此，现在的这个会我不去参加了。

此致

敬礼！

钱学森

1986.3.15

致糜振玉

本市海淀区中国人民解放军军事科学院

糜振玉副院长：

您惠赠的《战略学》和《国家军制学》已由王寿云同志带交给我了，十分感谢！

我想军事科学实际上是一切斗争的科学；而斗争，除用热武器的军事行动外，还有许多方面。如

（一）国际交往。7月12日江泽民同志在会见驻外使节会议代表时就讲："处理对外关系，既要讲经济，又要讲政治；既要讲友好，又要讲斗争；既要讲原则，又要讲策略。"这不是说国际交往也是打仗吗？

（二）国家社会主义建设。这也要用最佳途径，力避损失，取得最佳效益。这不也是打仗？

（三）企业经营。日本企业主不只是钻研《孙子兵法》，连我们的《三国演义》和《西游记》也下功夫研

究；这都是为了在激烈的竞争中夺取胜利。

在今后的岁月中，以上三个方面的工作做得好还是差，是同巩固国防一样重要的；而这门学问却在您那里，军事科学院不是有责任传播这门学问吗？我现在提出这个问题请您考虑。

当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1987.7.27

致糜振玉

100091

本市海淀区 中国人民解放军 军事科学院

糜振玉副院长：

8月21日来信及所赠《邓小平论国防和军队建设》及《中国大器史》都收到，十分感谢！

我想读《邓小平论国防和军队建设》，因近日来看了些讲新时期军队建设的文章及著述，总感到讲得不够彻底，还是读原来论述为好。得此书后，一定好好学习领会。

另外，近来许多书（如军事科学出版社的《邓小平新时期军事哲学思想》）一讲到世界形势，大仗打不起来，局部冲突不断，总讲不清楚。而这是战略的根本问题。我还记得在6年前，您曾亲自到系统学讨论班给我们讲这个问题。所以我想请您考虑组织编写讲这个重大题目的书。它将对中国社会主义

造设的具体设计起指导作用。可否？

再次向您赠书表示感谢！

此致

敬礼！

钱学森

1992.9.4

致黄硕风

100091

本市中国人民解放军军事科学院战略部

黄硕风教授：

4月15日来信及附件都收到。

国家战略问题是国际上十分瞩目的问题，因此也是一个敏感问题，公开发表的文章必须严格按江泽民总书记在党的十四大报告和李鹏总理在八届人大一次会议的政府工作报告的口径讲。因此：

（一）我3月18日给您信只是供您参考，完全是内部材料，决不能在公开刊物或报章上发表。复制的信我也留下了。您的公开发表文章也千万不要引用这封信中的话。

（二）您写的《确立我国国家战略的思考》，如要发表也请注意上述问题。如文稿11页引我的那段话，

“开辟走向共产主义的自由王国的道路”中，“共产主义的”这几个字就应删去。再：此稿是您写的，当然由您一人署名发表或上送。文稿奉还。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1993.5.3

致糜振玉

糜振玉副院长：

就在我们面谈的那天，我们说到孙子兵法要用到一切斗争的谋略中去。而昨天18日《解放军报》1版就有一条消息报道8月8日至12日首届孙子兵法与市场经济国际研讨会在哈尔滨市召开，主办单位是中国孙子兵法应用咨询中心。（见附上复制剪报）。这是好消息。不知军事科学院有同志参加了吗？此"咨询中心"是军事科学院的同志办的吗？请示。

此致

敬礼！

钱学森

1993.8.19

致徐德池

徐德池同志：

您要我对8月22日的《高技术条件下的信息战》的《目录》及第一章稿给以指导，这我不敢当，我不是搞军事科学的，不是行家！

下面只讲我翻看了来件后，几点外行话，请您指教：

(一) 首先书中要讲的"战"是什么战？是讲打仗？军事行动还是外交战？还是国际贸易战？如果目的是讲一切国际斗争中的"战"，包括军事、外交、贸易，那在书的一开头就应该有一段专讲"战"的一般概念。

(二) 然后讲信息在"战"中的地位；不同种类的"战"要的信息。

(三) "战"的指挥员个人素养、性格是对"战"起重要作用的，所以敌方指挥员的个人情况也是"战"的重要信息。

(四) 我们作为中国共产党领导的社会主义国家是怎么作战该有我们的中国特色吧。例如"战"是打仗，那就必然是人民战争。

(五) 这些都讲清了，才能说到"战"所需的信息该是什么。

(六) 以上都讲清了，才能讲获取所要"战"信息的手段，包括现代高技术手段。

(七) 最后才到主题"高技术条件下的信息战"。

(八) 总之，"沙漠风暴"只体现了美国在现代高技术条件下的军事行动，要分析研究以资借鉴，但决不是照抄。

我只能讲以上这些话，也许无用。原件奉还。

此致

敬礼！

钱学森

1993.9.5

致糜振玉

中国人民解放军 军事科学院

糜振玉副院长：

去年8月17日您来谈时，我讲到军事科学的意义不限于打仗，对经济领域中的竞争也有重要指导作用。今见深圳市卫生局党委副书记、青年学者黄錦奎同志送来的“价值转化工程”的材料，他说的价值科学和价值转化学、价值转化工程不就是我们去年议论的事吗？所以价值科学实即军事科学在经济管理经营中的应用，价值科学与军事科学要融合。

对此您有什么看法，请指教。

此致

敬礼！

附上价值科学的材料。

钱学森

1994.5.8

致王寿云

王寿云同志：

我读了您7月25日来及Defense News复制页，想到关于在新形势下我军建设，似可分为两大阶段：

(一)我在1986年9月9日全军战役理论学术讨论会上，题为《我国今后二三十年战役理论要考虑的几个宏观问题》的发言，本来是我们的合作成果，今天看来仍然基本正确。裁军，"养兵""用兵"分开，军队干部一律大学文化水平等还应执行。用我们现在的话，这就是到建党一百周年要完成的现代中国第二次社会革命的国防建设任务。

(二)当这一阶段工作完成后，我军还要前进，是现代中国第三次社会革命了，军队再精减，全部到硕士文化水平，用高新技术打仗。到时全国都是硕士文化水平，都用高新技术，人人达到大成智慧。但帝国主义

还在，还要有中国人民解放军，一支完全不同于现在的中国人民解放军！

以上请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1994.7.25

致谢守和、盛四联、王勇*

430035

湖北省武汉市罗家墩 军事经济学院

谢守和同志、盛四联同志、王勇同志：

您三位在《军事经济研究》1994年7期上的《高技术条件下我军战场饮食保障的新模式》一文拜读了，很受启示！

我想这就要求严格按营养科学办事，故附上我近日接到的来自一位营养学专家的信，请阅。您们何不与张天生副教授联系讨论？

此致

敬礼！

钱学森

1994.8.7

* 谢守和时任军事经济学院军需系副主任，盛四联时任军事经济学院军需系战勤教研室主任，王勇时任军事经济学院教员。

致李际钧

中国人民解放军 军事科学院

李际钧副院长：

我们好久未通信了，您好？

我近读《求是》1995年第9期上的尊作《勿忘历史教训 坚持和平发展——世界反法西斯战争胜利50周年的历史沉思》，深受教育；我对您要表示感谢！

由此我也想起一个老问题，这是我几年前就向廉副院长讲过的：军事科学院要组织力量研究新时代的战争——信息化战争，并向中央军委提出该如何逐步将中国人民解放军改组成21世纪中国人民抗击帝国主义侵略的、用高新技术武装起来的新时代信息化军队。您现在已是战略学博士导师，不正可以组织几位博士生研究这个课题吗？

请酌。此致

敬礼！

钱学森

1995.5.8

致李乃奎

100091

北京市 中国人民解放军国防大学训练部

李乃奎教授：

您托汪成为同志交给我的5月22日信及《汇报》都收到。首先我对您已经取得的成就要表示祝贺！在下面我讲点意见供您参考。

我们党在研究讨论问题时，规定要贯彻遵行民主集中制。这一原则在"局部战争战略决策训练系统"中也必须能做到。这就是在第一步中领域专家们通过从定性到定量综合集成法构筑训练系统的过程中，一定要充分发扬民主，千万不可有"辈分"、有军衔级别，一得之见也是重要的！只有这样才能得到一个好的训练系统，一个有高级智慧的训练系统。

也为了贯彻民主集中制，学员们在最后第三步完成计标机的评估和战略决策建议报告之后，再讲讲

体会，自己原来是什么看法，而现在又是如何，有什么提高。这里讲心里话，不要怕丢脸。

总之遵行民主集中制才能真正把事情办好。

请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1985.6.1

第四节　发展国防科技

致冯玉军

山东省济南市 中国人民解放军济南军区作战部
冯玉军同志：

七月二十二日信及《对武器装备发展问题上的一点想法》都收到了，谢谢！但您在信里的一些十分客气的话大可不必，研究学问是大家平等的呀！

我们对您和同志们在军报的文章以及来稿很感兴趣，因为我们一直在想：现在我们国家的科技人员搞新武器装备的劲头很大，也的确能搞，但就是不知道该搞什么。问题在于打什么仗不清楚，光说反侵略战争、人民战争不够用了；而抄外国的也不行！您提的问题正是我们的难处，当然感兴趣。

您在作战部，您可以告诉我们二十一世纪我们的军队要打什么仗，从而要什么武器装备。

如此，我们将非常欢迎！

也请您宣传这个"超越型研究"的观点，把大家发动起来。

再次对您表示感谢。此致

敬礼！

钱学森

1985.8.3

致谭暑生

湖南省长沙市 国防科学技术大学二系

谭暑生同志：

今天已是一九八五年最后一天了，所以我首先要向您拜年！中国的事业是一步一步向前发展的，明年一定会比今年好！

国防科技大学也要前进，张震寰同志已找汪政委谈了，要支持您们的工作。

其实，问题是全国性的，全中国搞理论工作的同志日子都难过。《自然杂志》1985年11期上第一篇文章李新洲教授（复旦大学）就为基础理论研究讲了一段很好的话。我从中得到启发，所以在几天前（十二月二十五日）文化部举行的社会主义文化发展战略讨论会上发言放炮：一切科学理论研究的价值不在于短期的实用，而在于文化建设。科

学理论是社会主义文化！没有科学理论就谈不上二十一世纪的社会主义文明。让我们大家来宣传这一真理，我们不讲谁讲？

我对您和朱代模副教授、赵伊君教授致力于理论工作表示敬意！

请相信日子会好起来！

此致恭贺

新年！

钱学森

1985.12.31

致朱光亚

朱主任：

现在国防科学技术与军事科学是分开的，我们管前者，而军事科学院管后者。计划也分两家。但实际问题当然既涉及国防科学技术，也涉及军事科学。我们的系统工程所就如此。过去系统所就请军事科学院的糜副院长来讲课，而这两天王寿云同志也要去那里做报告。

因此，正如中国科协有了促进自然科学与社会科学联盟工作委员会，我们这儿对国防科学技术与军事科学是否也要做些促进联盟的工作？

请示。

钱学森

1989.7.13

致谭暑生*

湖南省长沙市 国防科学技术大学二系

谭暑生教授：

您的大作《老子的"有生于无"和现代科学的自然图象》又在《自然辩证法研究》1990年1期上读到，是篇好文章。同期何香涛和乔戈的《类星体和红移论争》我也读了。这就引起我一个想法，写在下面请您考虑：

于景元、戴汝为和我在《自然杂志》1990年1期上有篇文章，它充实了我去年在《哲学研究》10期的那篇短文，提出了开放的复杂巨系统的概念和其独特的研究方法—定性与定量相结合的综合集成法。文中也举出开放的复杂巨系统的例子，其中就有人体，也有宇宙。您在接触人体科学研究的工作中，大概对人体是开放的复杂巨系统这一事

---

* 《自然杂志》1990年第1期刊载钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的文章"一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论"。

《哲学研究》1989年第10期刊载钱学森"基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导"。

实有所认识；我在《论人体科学》的各文中对此讲得比较详细。但我现在认为宇宙也是开放的复杂巨系统，也要用定性与定量相结合的综合集成法，老方法是不够用的。其实您文章中引用老子的"有生于无"就是一种定性的认识，而后面的现代科学的宇宙理论才是一些定量的认识。已经是定性与定量相结合了。

但我希望您再进一步：真正把开放的复杂巨系统的概念用到宇宙学的研究——大宇宙、包括我们所在的这个宇宙的研究。是开放的复杂巨系统，不要简单化！关于红移的争论就没有必要，恒星的红移与类星体的红移完全可以并存，只是性质不同而已。我相信宇宙的研究将越来越证实我的这个观点，所以是宇宙学的研究方向。请考虑。

您将来研究对象不该限于"现代科学的自然图象"，而应是马克思主义科学的宇宙图象。

以上当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1990.3.5

致朱光亚*

朱主任：

这是向您报告我近来对培养科技帅才的想法：

(一)回顾一百多年来科技高等教育的历史，在上个世纪下半叶开始了正式工程师教育体制，即培育有科学基础的工程师，大学四年是头两年学数理化，后两年学工程技术；典型的是美国MIT的学制。这是理工分院设专业的。直到本世纪30年代这套学制是公认的，也很成功。

但到了30年代以后，由于科学技术的迅速发展，新技术需要更高的基础科学知识，进行新技术开发的科技人员要有自然科学和工程技术两方面的工作能力。由此出现了美国CIT的学制，理工结合，重点培养博士生。现在这个体制也已在全世界推广；在我国也纷纷设置"理工大学"。

* 收信人朱主任是指时任国防科工委科技委主任朱光亚同志。

(二)国防科学技术大学在改革学制时也有创新,即不设学院,按现代科学技术体系、三个层次的中间层次、技术科学(居于基础科学及工程技术之间)设系:一系为力学,二系为技术物理,三系为控制论,四系为电子学,五系为应用化学,六系为计算机科学,七系为系统工程科学,八系为制造工艺科学。现在又加了一个九系,专门为对各基地科技人员的再教育及深造。

汪浩在任国防科技大政委时,曾提出把政治课,归入另一个十系,即社会科学系。但未实现。

(三)为了迎接二十一世纪社会主义中国建设的需要,我想有必要考虑在MIT的时代及CIT的时代之后,再创造一个高等教育的新时代:培养科学技术帅才的时代。不但理工要结合,要理工加社会科学。

(四)具体怎么办？我认为可以先在国防科技大进行博士生试点。因为：1)国防科技大现有教学体制比较先进，这是前几年国家教委黄辛白同志在视察该校时肯定了的。2)国防科工委对科技帅才的需要体会最深，见聂帅接见新华社记者郭殿成的讲话(《人民日报》1991年6月14日)。

为了组织这个博士生试点，似应考虑以下几项工作：1)成立原来汪浩同志建议的十系。该系与学校的政治部可以有明确的分工。

2)成立博士生试点筹备组。这个筹备组可以吸收一些在搞从定性到定量综合集成技术的专家参加。

3)在报刊上组织一些宣传国防科学技术大学的报道和文章。

以上当否？请指示。

钱学森

1991.6.18

致聂力

聂副主任：

近读《解放军报》9月10日记国防科技大学曹鹤荪教授文，内说陈赓同志曾要求培养我军新一代既懂科学技术又懂战略战术的治军人才。对此我很赞同，认为陈赓同志是有远见卓识的。

但问题是：今天的国防科技大学做到了吗？是"国防科技"吗？不要只有"科技"而无"国防"。

至于怎样才能使学生懂战略战术，可以找军事科学院糜振玉同志谈谈。

附上剪报。（阅后请退我）

以上当否？请指示。

钱学森

1992.9.15

致聂力

聂副主任：

近见许多报道讲我军有不少哨所雷达站，在高山，部队生活困难很多。地方上的林区防火观察站也在高寒地带，观察人员生活也很困难。这些问题是可以用自动化无人的岗站来解决的；此中技术比我前几天向您建议的自动化工厂要简单得多，可能我们已有现成的技术可用，综合设计就可以了。这不是国防科工委可以干的一件好事吗？

当否？请示。

钱学森
1992.10.13

致王寿云*

王寿云副秘书长：

我在这两天读了《人民日报》头版报道我海军驻南沙群岛官兵们的生活情况，很受感动和教育。

我想我们科学技术工作者应该用科学技术为他们服务，减轻他们的负担。我想到的有：

1）海水淡化装置生产淡水；

2）服用大剂量维生素，以补新鲜蔬菜之缺。

国防科工委科技委能否提出建议？请酌。

钱学森

1994.6.7

---

* 王寿云同志时任国防科工委科技委专职委员兼副秘书长。

致朱光亚

朱主任：

您这一阵子工作非常繁忙，在这几天是否有个空隙？我极想向您报告一个想法：近日读了《人民日报》连载关于南海岛礁上的驻守海军官兵的报道，令我深受教育。我想当今的国防科学技术任务，除了准备打现代化的人民战争外，还有一项任务，这不是与敌人斗，而是与自然环境斗；而这产生于当今国际斗争的需要，要我们的部队驻守在远离内地的边境站点。在一些边境站点，自然环境十分恶劣，为了驻守官兵能完成任务并保持健康，要有高技术措施及设施。研究开发并提供这些必要的高技术措施及设施就是国防科工委该管的；而我科技委有责任提出方案。

这方面我想到的有：

(1) 海水、盐水淡化设备，

(2)高空制氧供氧设备；

(3)边远小型发电设备；

(4)新鲜蔬菜生产的小型高效设备；

(5)营养补给药剂（如大剂量维生素）方案；

(6)其它。

一般来说，这些算不得是高技术，但这里强调的是小型化和节能，这就要高科学技术了。

这项工作是否是我们国防科工委科技委该研究的？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1994.6.12

致王寿云等六同志

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

元旦刚过我就给诸位写这封信，这是因为我读了《中国科学报》去年12月26日4版上几篇纪念毛泽东主席诞辰101周年的"毛泽东与科学"研讨会的文章，心情久久不能平静。毛主席要我们创新，我们做到了吗？

回想在60年代，我国科学技术人员是按毛主席教导办的：

1、我国理论物理学家提出基本粒子的"层子"理论，它先于国外的"夸克"理论。

2、我国率先人工合成胰岛素。

3、我国成功地实现氢弹引爆的独特技术。

4、我国成功地解决了大推力液体燃料·氧化剂火箭发动机燃烧稳定问题。

5、其它。

但是今天呢？我国科学技术人员有重要创新吗！诸位比我知道得更多。我认为我们太迷信洋人了，胆子太小了！

我们这个小集体，如果不创新，我们将成为无能之辈！我们要敢干！

奉上所说文章复印件，请阅并思考。

此致

敬礼！

钱学森

1995.1.2

致王寿云

王寿云副秘书长：

我見到科技委1月15日的召开第四届年会的通知，说有一个组将讨论"与军事革命有关的国防科技问题"，我又想到以下的一点意见：

记得在前两届的一次年会上我曾作过一次发言，说到"不但要军民结合，而且还要民军结合。"意思是军工厂要生产民品，那民品厂就不生产军品所需要的元件了吗？当然军品所需原材料历来出自民品工厂；这里是指元件。从前我们受原苏联军民分家体制的影响，军用元件的标准不同于民用元件，军用的要求比民用的高。其实这是旧时代的残留思想，在第五次产业革命的时代，民用的元件要求决不比军用元件低。二者应该统一标准，无军品民品之分。

在原材料。无四件都是民合一是大有利于生产的，也会促进高新技术的发展。显然，一旦有战争需要，我们扩大生产也就有了基础。这不是平战两利吗？所以我建议改革。

钱学森

1995年1月20日

致李继耐*

李继耐政委：

您的文稿《重温"两弹一星"精神，努力开创我国装备建设新局面》收读，我只有一点意见，现写在下面，供您参考：

现在形势与周恩来总理领导我们时期有一点不同：即改革开放，可以利用国际市场为我服务。这非常重要，办好了可以大大促进我国的事业。我们在11届3中全会以来，利用国际市场，为外国放射卫星，就是一例。此事曹部长和您抓得很紧，很成功。这是说国防科学技术也要利用国际市场经济；北大方正和中科院的联想不是很成功吗？

此致

敬礼！

钱学森

1998.11.20

---

* 李继耐同志时任中国人民解放军总装备部政委。信中提到的"曹部长"是时任中国人民解放军总装备部部长的曹刚川同志。

下篇　钱学森现代军事科学思想研究

第七章　军事系统工程思想研究

第一节　大力加强军事系统工程和军事运筹学研究，积极迎接世界新军事变革的挑战*

这次报告会是一次具有里程碑意义的重要会议，标志着我军军事系统工程和军事运筹学研究取得了丰硕成果，同时也标志着我军在这一领域的研究进入了新的发展阶段。钱学森同志非常关心这次会议，亲笔写了书面发言稿，再次深刻阐述了在军事科学领域“基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程”这一重要思想观点，对于我们深入开展军事系统工程和军事运筹学研究具有重要指导意义。报告会上，各位专家的发言也很有见地，听后很受启发，受益匪浅。下面，我谈几点意见。

一、开展军事系统工程和军事运筹学研究工作的简要回顾

我军军事系统工程和军事运筹学研究的发展历程，可以说是伴随着国家和军队现代化建设的伟大进程而不断深化发展的。众所周知，党的十一届三中全会以后，我国进入了改革开放的新时期。在新的形势下，国防和军队建设面临一系列新情况、新问题，需要运用新的理论和方法抓紧研究解决。正是顺应时代发展的需要，我军各大单位和国防工业部门，相继成立研究机构，运用系统工程的理论和方法，研究解决武器装备发展战略、重大型号项目论证与管理，作战运筹分析、部队作战训练，以及后勤保障等军队现代化建设的重大问题，有关军事院校也先后设立了军事系统工程和军事运筹学专业。1978 年，根据钱学森同志的建议，我们组织了“全军反坦克武器系统论证研究”，为制定科研发展规划和武器装备体制提供了支撑。这是我军第一次就某一领域全系统地搞武器装备发展论证研究，是一个具有标志性的开端。“六五”以前，我军没有在一定时期内的武器装备体制，部队装备缺乏系统的、长远的安排。在军事研究学术界，先后于 1981 年、1984 年和 1992 年成立了军事系统工程专业委员会、军事运筹学会和国防系统分析专业组，进一步推动了系统科学在军事领域的发展和应用。

---

* 本节内容是曹刚川 1998 年 3 月 31 日在军事系统工程学研究发展 20 年报告会上的讲话，收入本书时，作者又作了修改。曹刚川系中共中央军委原副主席，作此讲话时任中央军委委员、总装备部部长。

在军委、总部的重视和具体规划下，军事系统工程经历了起步研究、重点突破和全面发展等阶段，取得了令人鼓舞的成绩，先后研制出各类军事模型200多个，在军事领域发挥了重要作用。其中，有的作战仿真模拟系统已用于院校教学和部队训练，有的系统已在军区或集团军用于战役战术训练，为部队训练探索了新路子。在武器装备论证和规划计划方面，军事系统工程的方法和手段也得到十分广泛的应用。例如，开展了2000年中国国防科学技术研究、深化国防科技发展战略研究和重大武器装备论证等研究工作。二十年来，军事系统工程学术界开展了多次国际学术交流活动，如两次中美国防系统分析研讨会、中日军事系统工程报告会等，这对于了解国际军事系统工程领域的发展情况，促进我国军事系统工程工作的开展起到了重要推动作用。

我要强调的是，在我军军事系统工程和军事运筹学研究工作中，钱学森同志作出了特殊的贡献。他几十年来一直致力于系统科学与工程理论方法的探索，提出的许多思想、理念一直指导着我国这一领域的研究与实践。从他最早提出的"用整体（系统）的观念研究系统的问题、需要把系统放在时间空间中考察"，到1989年提出开放的复杂巨系统具有高度复杂性，不能靠单纯的分析方法解决，应该用"从定性到定量的综合集成法"的方法论进行研究。他的这些思想观点，为我国系统工程及军事系统工程的研究与实践开辟了新思路。在钱学森同志的积极倡导下，我军军事系统工程和军事运筹学研究逐步得到发展，已初步建成了一定规模的军事系统工程基础设施，培养造就了一支具有一定水平的科研攻关队伍，取得了一大批很有价值的研究成果，为我国军事系统工程和军事运筹学的发展奠定了良好基础，在我军现代化建设和实现决策科学化中发挥了无可替代的重要作用。

二、不断深化对军事系统工程和军事运筹学研究重要地位作用的认识

在充分肯定军事系统工程和军事运筹学研究工作成绩的同时，我们必须清醒地看到，目前的研究无论在广度还是深度上，与当前世界新军事变革的严峻挑战，以及我军现代化建设的新要求还很不适应，特别是有些同志对系统工程理解还不深或者不太理解的状况应当加紧改变。认识是行动的先导。深化对军事系统工程和军事运筹学重要地位作用的认识显得尤为必要和紧迫。

江主席在刚刚闭幕的九届全国人大一次会议解放军代表团全体会上指出，"世界范围的军事变革方兴未艾，军事大国纷纷调整军队发展战略，加速军队的现代化建设，努力争取质量优势。世界军事领域正酝酿着新的重大突破。这场军事变革，是以高新技术的迅猛发展为大背景的。现代科学技术对军事领域的影响，就其深刻性和广泛性来说，是历史上任何时期都无法比拟的"。我们一定要从积极应对世界新军事变革挑战的高度，充分认清军事系统工程和军事运筹学的

重要地位作用，增强这一领域研究的紧迫感和责任感。

1. 军事系统工程和军事运筹学研究是加强我军现代化建设重大问题研究的迫切需要

军事领域出现的深刻变革给我军军事科学的研究、发展和应用带来了难得的机遇，同时也提出了空前的挑战。江主席在军事科学院建院 40 周年庆祝活动时明确指出，“军事科研要在继续加强基础研究的同时，把主要力量投入到现实问题的研究上来。当前和今后一个时期，主要是抓好两大课题的研究。一是研究现代技术特别是高技术条件下仗怎么打的问题，一是研究在对外开放和发展社会主义市场经济条件下军怎么治的问题。这两大课题研究透了，我们对现代国防建设的特点和规律的认识，对未来军事斗争准备的特点和规律的认识，对新形势下治军的特点和规律的认识，就会大大深化，我们的工作就会加强针对性和更加富有成效，在未来作战中就能立于不败之地。”在我军现代化建设实现跨世纪发展的过程中，存在许多重大理论和现实问题需要深入研究。例如，从未来战争模式和作战理论研究，到具体的战略战术研究；从部队体制编制和兵力结构研究，到作战编成和兵力编组研究；从武器装备发展战略研究，到武器系统的论证、研制、试验和使用研究；从部队训练改革研究，到训练手段的建设等。所有这些，都是摆在我们面前紧迫而重大的问题。这些问题层次高、涉及面广，又相互联系、相互制约，唯有应用系统工程和运筹学的理论和方法加以研究和解决，才能确保其科学性、系统性、创新性和有效性。

2. 军事系统工程和军事运筹学研究是军队战斗力形成和提升的重要支撑

近几场高技术局部战争表明，军事系统工程在战争中的应用更加广泛深入，并扮演着越来越重要的角色。特别是作战仿真模拟系统，已成为当今世界各国军队进行作战训练和武器系统使用训练的重要工具。据报道，1995 年，美国应用国防地图局的数字地形等高模型，加上精确的位置定点数据和任务规划仿真系统，开发出一种对波斯尼亚领土进行高度仿真的“虚拟”系统，使驾驶员能在执行实际任务之前看见他将飞越的地区场景。该系统在制订任务规划和作战计划中发挥了重要作用，并在最终签订“代顿和平协议”中发挥了意想不到的效果，标志着美军对高度集成的先进仿真系统的应用又向前迈进了一大步。就我军而言，在作战训练模拟方面也在积极探索，并将其作为部队训练改革的重点内容之一，取得了一定成效。例如，沈阳军区某集团军与南京陆军指挥学院联合研制的“雄狮一号师指挥训练模拟系统”，通过多次现场试用调试，达到了实用水平，向全军部队作了推广。可以预见，军事模型和作战仿真系统将是 21 世纪提高部队作战能力的经济而有效的手段。还应看到，高技术武器系统由于技术复杂，需要的

训练时间长、费用高，即使是军事大国，对昂贵的训练费用也往往难以承受。可以通过先进的军事建模与仿真，把分散在各地的仿真系统和实际武器系统用网络连接起来，形成时间、空间统一的综合仿真战场环境，为作战计划制定、部队训练和装备论证评估提供逼真、高效、经济的作战模拟手段，有助于提高战备程度，增强军事能力。

3. 军事系统工程和军事运筹学研究是提高武器装备建设综合效益的重要举措

军事系统工程和军事运筹学的研究，对于武器装备发展的作用是很大的，我个人就有极为深刻的体会。早在20世纪70年代，我们研制某型驱逐舰时，由于缺乏电子兼容的综合考虑，首舰交付部队使用时发现，如果这些电子设备同时开机，产生的电磁干扰就能把导弹发射出去。过去，我们在装备研制方面往往缺乏总体论证验证，吃了不少苦头，走了不少弯路，教训十分深刻。尤其需要高度重视的是，随着高新技术的迅速发展，新型武器装备层出不穷，军事系统工程对于新武器系统概念的发展更为重要。如美国提出的指挥、控制、通信、计算机、情报、侦察、监视系统（简称C^4ISR系统），是在原指挥、控制、通信、情报（简称C^3I系统）的基础上根据新的作战需求而提出的新武器系统概念，这类系统试验的规模和经费是相当可观的，几乎难以像常规武器一样进行试验验证，需要发展特殊的试验手段，军事仿真技术提供的合成战场环境正是满足这种要求的最佳试验方式。同时，国内外的实践充分证明，进行模拟推演，找到了系统描述作战思想的框架，以探索新的作战思想和作战方法。利用作战仿真与军事建模可减少武器装备研制和采购的时间、资源要求和技术风险。把工程仿真展示的武器装备“虚拟样机”放到作战仿真环境中，可大大减少新武器系统研制的工程设计、试验、制造和以后训练、维护的时间和经费。例如，我国在某型号地空导弹研制中，利用工程仿真系统为设计提供了科学的试验数据，用两发导弹打靶试验，就验证了所采用新技术的有效性，大大节省了研制经费。军事建模和仿真还可从另一个方面来发挥作用，即通过系统论证和仿真，及时终止那些不成熟的研究，从而达到合理有效使用经费之目的。

三、大力拓展军事系统工程和军事运筹学的研究和应用

认识来源于实践。在应用技术层次上的军事系统工程产生于国防和军队建设的客观需求，在其持续发展中，也必定不断深化拓展其服务和应用范围。近些年来，我军军事系统工程和军事运筹学的研究和应用有了很大发展，但与发达国家相比，在国防和军队建设中的作用还没有充分发挥，与新时期国防和军队建设特别是同迎接世界军事技术领域深刻变革挑战的要求还有不小的差距。从事军事系统工程和军事运筹学的专家和科研人员，务必要奋发图强，不断拓展军事系统工

程和军事运筹学的应用领域，真正解决一些国防和军队建设方面的重大课题。

1. 进一步拓展在作战实验室建设中的研究应用

没有先进的作战实验手段和方法，就难以做好应对未来高技术条件下局部战争的准备。在和平环境里，我们需要使部队亲身感受高技术战争的战场环境，将高技术武器装备置于未来实际的战场环境中进行考核和评价；需要对高技术条件下新的作战方式和特点（如电子战和信息战、联合作战、导弹攻防对抗、远程精确打击等）进行比较深入的研究，以及对适应未来战争需求的军队编制结构进行有效分析等。因此，必须从贯彻新时期军事战略方针的高度，加强作战实验室建设，把它作为军事决策的必要环节，充分发挥它在新军事理论研究、战法研究、军队体制编制研究、高技术武器装备研制和作战使用研究以及部队训练等方面的作用。这是我军加强质量建设，实现两个根本性转变，走有中国特色的精兵之路，必须大力加强的一项重要工作。

2. 进一步拓展在武器装备体系建设中的研究应用

武器装备是一个复杂的大系统，必须用体系建设的思想进行规划，使其整体最优。比如防空作战，我们要从防空总体的角度来分析应该形成一个什么样的防空体系，使其从整体作战效能上来讲更适合、更有效、更经济。这是一个很大的问题，需要用系统工程的方法从总体上论证清楚，然后划分任务，我们目前在这方面的研究还不够。现在，各部门都在提需求，发展自己的东西，很少放到大系统中去考核。此外，武器装备的通用性也亟待提高。由于历史的原因，过去我们的火炮，往往是相差两三个毫米发展一个口径，如 100、105、107、120、122、125、130 毫米，这么多口径的火炮，给技术保障带来很大困难。这些问题都需要我们用系统工程的方法去研究，以简化品种，增加通用性，方便部队使用和保障。

3. 进一步拓展在武器装备全寿命管理中的研究应用

军事系统工程和军事运筹学是研究国防和军队建设宏观决策和规划计划的方法体系。军事科学作为一个大学科，具有自身的技术内涵，国防和军队建设中出现的新问题，很多需要通过军事运筹学、军事系统工程技术的发展与创新来加以研究、解决。例如，面向武器装备工程研制的仿真技术，应根据新的要求扩展到需求分析、费效权衡、立项论证、武器试验、定型的整个研制过程，并列入国防科技发展计划中，加强技术开发与应用研究；同时，应加强联合作战训练、研究制定作战原则、部队训练、制定作战计划、评估作战态势和打击效果的作战仿真系统技术的研究和开发，使军事运筹学、军事系统工程更好地服务于国防和军队的现代化建设。

4. 进一步拓展在提高武器装备建设效益中的研究应用

我们确定武器装备的战术技术指标，既要考虑需求，又要考虑技术上、经济上的可行性；既要重视需求牵引，又要重视技术推进。如何选定合理的战术技术指标，选定合理的技术方案，既能满足作战要求，又适合我们国家的国情、经济基础和技术能力，这也是系统工程的一个重要应用领域。

5. 进一步拓展在可信性评估中的研究应用

目前，我国军事建模与作战仿真正处于新的发展阶段，为更好地适应武器装备发展和未来作战训练的需要，我们应及早建立对建模与仿真可信性评估的管理和标准，把可信性评估活动纳入到军事建模和作战仿真系统开发的全过程，以尽可能少的经费取得尽可能大的效益。

当前，世界军事领域正在发生广泛而深刻的变化。这种变化将引起未来战争的作战理论、作战样式、作战编成、战术、战法的深刻变革。研究这种变革可能带来的影响，有针对性地提出我军现代化包括武器装备发展的思路对策，是军事科学领域专家学者们义不容辞的历史责任。我们一定要按照党的十五大的全面部署，从我军现代化建设的实际出发，从解决部队的实际问题出发，促进军事系统工程和军事运筹学研究为军队建设和改革服务，认认真真解决部队建设和军事斗争准备中的现实问题，为开创国防和军队现代化建设新局面作出更大的贡献！

第二节　爱国主义、创新精神与前瞻性思考*

《钱学森书信》充满爱国主义精神和严谨的科学态度，是一部涉及政治、军事、经济、科技、文化充满创新精神的前瞻性的著作。尤其是他对国防事业给以始终如一的关注。

钱老提出的从定性到定量，然后达到新的定性并不断反复上升的综合集成理论，被称为系统工程，在国防科技和军事科研领域成功应用。20 世纪 70 年代末，军事科学院宋时轮院长提出开展军事系统工程研究工作，并成立一个军事运筹组，后来发展成为军事运筹分析研究所。根据宋院长的指示，我带几个同志去请教钱老。钱老在他的办公室接见了我们，他让秘书把 D-5 导弹的统筹工作图展开在地板上，那张图几乎占了他办公室的一半地面。钱老向我们讲解系统工程的

* 本节内容是李际均 2009 年 12 月 2 日在“读钱学森书信　学习钱老科技创新思想座谈会”上的发言。李际均系军事科学院原副院长，研究员，博士生导师。中国孙子兵法研究会名誉会长，中国国际战略学会高级顾问，曾任陆军第 38 集团军军长、中央军委办公厅主任。

要素和应用，对我们进行这门学科的启蒙教育。最后，他强调要在马克思主义的历史唯物主义和辩证唯物主义指导下研究军事哲学，这是军事科学的最高层次。在这之后，我们参加了军委科技装备办公室组织的反坦克作战系统工程研究，根据建模要求，负责作战想定和作战方案与交战规则数据，提供专家建立数学模型。这是首次用数学方法解决作战应用问题的尝试。

1982 年党的十二大以后，连续几年，每次开会我都和钱老编在一个组，使我有机会更多的向他请教系统工程在军事上的应用问题。他对我在《红旗》和《哲学研究》上发表并获奖的军事哲学论文给予肯定和鼓励。他说：你现在是骡马化的步兵师长，以后部队要向机械化发展。后来我调任的所在部队受领组建机械化集团军的试点任务。在整编过程中，部队进行了复杂的调整，都依据事先拟制的带时间坐标的统筹工作图，井然有序地进行部队调进、调出、扩编、缩编、转隶等。我们组织集团军各级指挥员和机关以作战预案和新的编制装备为依据，按照作战设定，运用系统工程的方法，分别进行本单位的作战能力论证和作战行动研究。最后综合成一百余万字的《机械化集团军作战能力论证》和《机械化集团军作战行动研究》，然后依此进行实兵检验性演习并取得成功。

我军初步实现机械化之后，钱老又提出研究信息化战争、建立信息化军队的设想。1995 年 5 月 8 日，我收到钱老给我的来信，信上说："我们好久没通信了，您好？我最近读《求是》1995 年第 9 期上的尊作《勿忘历史教训　坚持和平发展——世界反法西斯战争胜利 50 周年的历史沉思》，深受教育，我对您要表示感谢！由此我也想起一个问题，这是几年前就向糜副院长讲过的：军事科学院要组织力量研究新时代的战争——信息化战争，并向中央军委提出该如何逐步将中国人民解放军改组成 21 世纪中国人民抗击帝国主义侵略的、用高新技术武装起来的新时代的信息化军队。您现在已是战略学博士生导师，不正可以组织几位博士研究这个课题吗？请酌。此致　敬礼！钱学森　1995. 5. 8"。

这封信反映钱老对军队建设的关心和前瞻性思考，指出新时代军队建设的方向，同时也对军事科研工作提出新的更高的要求。钱老的思想是留给后代的宝贵精神财富。

第三节　作战模拟方法学在中国*

孙武是我国古代一位伟大的军事哲学家。他从战术、战略、武器、供给和哲学的角度，对春秋前战争史进行了周密考查，从中引出了深刻的哲学教训。他在写作不朽的军事哲学著作《孙子兵法》过程中，事实上是在自己的脑子里按不同

* 本节内容是王寿云 1987 年在"中美国防系统分析讨论会"上的发言。王寿云系原国防科工委科技委副秘书长。

的战斗条件推演了矛盾斗争的整个过程。他是军事史上第一个运用模拟作战的思想方法研究战争的伟大人物。

莱斯维茨、兰彻斯特、冯·诺依曼、约翰生、杜派对发展作战模拟方法学都有杰出贡献。作战模拟的最新应用是：美国陆军用“师作战模拟”（division war game）研究设计 1982 年版和 1986 年版《作战纲要》，美国 SDIO 用对抗模拟方法学研究 SDI 如何对付苏联的反措施。最近几年，高层次对抗模拟在美国有领先的发展。

1979 年 7 月 24 日，钱学森在一次由我及柴本良参与准备的给中国人民解放军总部机关的讲演《军事系统工程》中把作战模拟推荐给中国人民解放军。他说：“战术模拟技术，实质上提供了一个‘作战实验室’，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以启发新的作战思想。战术模拟技术，把系统工程的模型、模拟和最优决策方法引入到军事领域”，是“军事科学研究方法学划时代的革新。”

一、经验性假设与作战模拟方法学

为了系统地给中国读者介绍作战模拟知识，我在 1982 年写作了《现代作战模拟》一书。在写作过程中与钱学森讨论认为：作战模拟方法学有半经验或经验的实质，而作战模拟方法学又与军事艺术结合；作战过程有四种定量描述途径，即：

（1）半经验的定量途径。这是最先由兰彻斯特从飞行理论引用过来的。

（2）经验的定量途径。这是由美国退休陆军上校杜派及其军事历史协会的同事在 20 世纪 70 年代发展的。

（3）统计实验的定量途径。这就是美国运筹学家约翰生 1950 年初从核武器设计引用过来的 Monte Carlo 方法。

（4）严格理论的定量途径。这可以用数学家冯·诺依曼建立的博弈论为代表。

把今天的作战模拟方法学同整个 19 世纪和 20 世纪初的飞行研究方法学进行比较，是很有启发的。

在整个 19 世纪，实际上有两种很少联系的飞行理论。一种是力学和数学家们，如牛顿、达朗伯等发展的流体力学数学理论。这种理论同飞行的实际问题脱节，对渴望飞行的人们不能提出有益的建议。另一种飞行理论，是热心飞行的实际工作者为着应用于早期飞行实践而发展的半经验理论。所谓半经验理论，是在难以用严格数学方法处理的实际问题上，根据深入实际的经验性观察提出一种猜想或假设，用以说明影响物理过程的主要变量是如何结合起来对过程产生影响

的。如果从这种猜想或假设获得的结论与实验结果相符，就可以用于解决实际问题。半经验飞行理论的早期代表人物是英国爵士乔治·凯莱。在 19 世纪的头一个 10 年，他提出过当时对设计飞行体的任何企图都有重要性的两个正确猜想。

19 世纪末和 20 世纪初，在数学家、物理学家和设计师的合作下，这两种互不联系的飞行理论开始汇合，从而开始了现代飞行的发展。兰彻斯特是为这一转变作出重要贡献的人之一。他在 1895 年证实了凯莱的两个猜想。他关于飞行理论的两卷著作“Aerial Flight”先后出版于 1907 年和 1908 年。他为无限翼展和有限翼展机翼理论奠定了严格的科学基础，促进飞行理论从半经验理论向严谨理论发展。接着，他把兴趣转向作战研究，把半经验理论方法引入到当时尚无理论可循的作战研究领域。

从 1914 年以来，在描述作战过程的数学理论上同样有两条发展途径。一条是兰彻斯特 1914 年开始的半经验途径；一条是冯·诺依曼 1928 年开始的严格理论途径。由于作战问题的复杂性，今天能够实际应用的仍然是半经验理论。回顾描述作战过程的建模理论的发展，并把它同飞行理论的早期发展相比较，至少可以得到重要的启发：提出经验的假设或猜想，是建立战斗过程数学模型的重要方法。这是建立作战模拟数学模型与建立物理科学和工程科学数学模型的区别。在半经验的作战描述理论中，经验性假设或猜想是建立战斗过程数学模型的出发点。

兰彻斯特对近代战争的两种战术情况进行了研究。他研究的第一种情况以这样一个假设（或猜想）为出发点：双方战斗单位数量损失的速率，正比于双方战斗单位数量的乘积。他研究的第二种情况以这样一个假设（或猜想）为出发点：每一方战斗单位的损失速率与对方战斗单位的数量成正比。当他用微分方程把这两个假设表达出来之后，简明而优美的微分方程往往把这两个假设的性质掩盖了。

包括后来投身作战模拟的科学家在内，微分方程的“假设”常常是原来未经严格证明的。数学家一般说来兴趣在于解微分方程，而不在于说明他的数学模型微妙的军事经验含义或解释。

作者发现，兰彻斯特的两个猜想，原来是符合在他以前的军事经验的。在他以前的克劳塞维茨在《战争论》中写过：“如果两支数量不等的步兵和炮兵编成的部队在同样大的地区内平行配置，那么，在所有的射击都是以单个人为射击目标的情况下，命中的弹数同射击的人数成正比。如果射击的目标不是单个人，而是一个整体，如一个步兵营，一个横队等，那么命中的弹数同射击的人数也成正比。因此，对战争中的，甚至散兵战斗中的射击，大多数确实是可以作这样估计的。然而这个靶并不是一个完全的实体靶，而是由人和空隙组成的。空隙是随着同一空间内的战斗者的增加而缩小的。因此，两支兵力不等的部队之间的火力战

的效力，取决于射击者的人数和被射击的敌军人数。换句话说，数量优势在火力战中不起决定性作用，因为一方利用大量的射击所获得的利益，会由于对方的射击更容易命中而被抵消。假定有 50 个人同一个 500 人的步兵营在同样大的地区内对峙，如果 50 发子弹中有 30 发中靶，即打中对方步兵营所占的正方形地区，那么对方的 500 发子弹中就有 300 发打中 50 个人所占的地区。但是，500 人的密度是 50 人的密度的 10 倍。因此，50 人一方的子弹的命中率也是对方的 10 倍，从而 50 发子弹打中的人数恰恰同这一方被对方 500 发子弹打中的人数一样多。”这一条军事经验，前后两段话分别与兰彻斯特对两种情况的假设是对应的。原来，兰彻斯特关于两种战术情况的研究，其出发点完全与克劳塞维茨关于战争经验的这两段描述相一致。兰彻斯特从经验假设演绎出完美的线性律和平方律。这种杰出运用，深刻说明经验性假设与作战模拟方法学的关系。

作为一种定量途径的杰出代表，杜派运用定量判定模型（quantified judgement model)，表明了如何通过经验把影响战斗结果的各种因素定量化，从另一个侧面发展了作战模拟方法学。杜派的分析工作使用了经过编辑的 1943 年 9 月至 1944 年 6 月间在意大利 60 次师水平的战斗数据。

在解析背景中计算可定量的战斗变量，或在历史信息基础上定义这些战斗变量，都要用到种种假设。不同于物理科学，这类假设不能用严谨的方法加以证明，但必须符合军事经验。战斗建模的关键性基础工作，是学会运用历史的和演习的各种战斗的经验数据。只有在此基础上才能演绎和外推关于现代和未来战斗的结果。为此，对历史数据、演习数据和靶场试验数据进行系统研究，是不可缺少的。

以经验性假设为背景的作战模拟方法学，其基本思想是：

（1）从历史数据、演习数据和靶场实验数据的研究，提炼出经验性假设，如兰彻斯特对两种战术情况的假设。

（2）以经验性假设为出发点，建立战斗过程模型的表达式，如兰彻斯特关于两种战术情况的微分方程。

（3）从战斗过程模型演绎出结论，如兰彻斯特的线性律和平方律。

（4）用战例和演习数据校验所得出的结论；模型核实就是用实验性的或经验性的证据对所要求的假设进行检验的过程。例如，兰彻斯特用平方律解释了车法加尔海战的结果，恩格尔应用修正的兰彻斯特方程说明了第二次世界大战美日硫磺岛战役结果，伊文·德里格斯用 Monte Carlo 方法相当符合地校验了兰彻斯特平方律。简尼斯·法恩用杜派使用过的二次世界大战 60 次陆战数据，说明了兰彻斯特半经验途径（semi empirical approach）和杜派经验途径（empirical approaches）之间呈现有趣的收敛性。

（5）经过初步检验的战斗过程模型，可以应用于预测现在和未来类似战术情

况的结局。

二、作战模拟方法学在中国的应用

和平时期中国人民解放军作战潜力的发展，包括四大方面：

（1）作战条令。

（2）武器装备。

（3）部队结构。

（4）部队训练。

作战条令、武器装备、部队结构和部队训练是形成军事潜力的四大要素，它们要在作战理论指导下实现协调统一发展。中国人民解放军要建立以作战理论为依据的武器装备、作战条令、部队结构、部队训练的发展、完善体制。现代作战模拟是研究作战条令、武器装备、部队结构、部队训练四要素协调统一发展的科学方法学。在模拟的可控制条件下，按照设想的战略、战役、战术规定，进行作战实验，能够对作战方法、兵力结构和武器装备之间的复杂关系获得定量了解，能较习惯用推理方法获得更清晰的洞察力，并能用形象化的方式解释所获得的启发。

计算机作战模拟的应用在我国已开始起步。1979～1982 年是提倡和引进知识的时期，1983 年开始了应用研究时期。为了推动作战模拟的研究，中国系统工程学会在 1980 年 11 月成立时，就组织了军事系统工程专业委员会。1981 年 5 月，该委员会在北京召开了全国首届计算机作战模拟学术会议。近年来中国计算机作战模拟研究成果主要有：海军航空兵和导弹艇攻击巡洋舰编队作战数学模型，陆军师坚固阵地防御地面炮兵作战模拟模型，陆军师野战高炮群战斗模拟模型，“长城一号”分队战术模型，“长江二号”合成军师团作战模型。地面防空火力群反空袭战斗模拟系统，中国人民解放军第一届作战模拟经验交流会 1985 年 3 月在北京召开。

三、作战模拟方法学发展趋势

现代作战模拟方法学发展中面临的问题是：由于影响战斗过程的一些因素不易捉摸，建立战斗过程的数学模型不能指望严密的实验观察，只能依靠在军事经验基础上提出种种假设。提出经验的假设或猜想是建立战斗过程数量模型的重要方法。严格核实这些假设是困难的。从半经验理论过渡到严格理论，还有相当长的道路要走。经验的假设包含了猜想的因素和简化的因素。用半经验或经验的定量方法处理同一或相似的战斗过程，不同的假设会产生不同的数学模型。迄今还没有方法能严格验明哪一类模型是最有效的。只能认为，能够与更多战例、野战演习数据相关联协调而又是有较少矛盾的模型，是比较接近于反映战斗现实的

模型。

我们注意研究美国发展作战模拟技术的经验。70 年代，美国军队以部门分割为基础的作战模型管理，导致相互不兼容的模型激增，大量模型重复。在这种情况下，美国作战模拟科学工作者以“模型改进计划”（Army Model Improvement Program）为代表，提出一种新的方法学思想：试验开发一种战斗模拟建模能力，以体现下列特点的结合：等级结构（hierarchical structure）、模块结构、数据库通用性、多模式工作、软件和程序逻辑兼容性，以便为新的“如何打仗”的研究更快提供具有高精度和高可信度的分析支持。“模型改进计划”与其说是一个作战模型族，不如说是代表了一种新的建模基本原理。我们中国作战模拟科学工作者，正在研究结合中国实际，丰富这一方法学的内容。

对作战运用最有兴趣的模型，看起来是合成军和师级作战模型，由于计算机能力的限制，这类模型是高度聚集的，因而很少可能严格近似实战情况。

对这个问题的解决途径，在于新的计算机技术的运用，分别在一个一个计算机上建立每个军事单位的模型，将很快成为经济可行的。按照这种方式建立起计算机的一个等级结构，与军事建制的等级结构一一对应。这样一种系统能在许多不同层次提供战术作战的状态信息，从排的详细状态到更高指挥层所感受的总战斗局势。这一途径允许在更高层模型中处理目前尚不能处理的细节，因而改进它们的可信度和用途。一个统一的、经过校验和取得一致意见的等级模型，连同计算机等级结构网络，这一途径将解决这样一个问题：“哪一个模型最好？”避免工作的重复，使战术建模工作者在一个统一规格的全国等级结构模型上合作。这是朝向战术建模工作成熟发展的主要步骤。

参 考 文 献

克劳塞维茨. 战争论（中文版）. 北京：中国人民解放军军事科学院，1965.
钱学森，等. 论系统工程. 长沙：湖南科学技术出版社，1982.
王寿云. 现代作战模拟. 上海：知识出版社，1984.
Brewer G D. Martin Shubik M. The War Game. Cambridge: Harvard University Press，1979：80.
Huber R K. Systems Analysis and Modeling in Defense (Development, Trends, and Issues). New York: Plenum Press，1984：517.

第四节　学习钱学森科学思想，推动军事系统工程的发展*

在钱学森离我们而去的日子里，我怀着崇敬和缅怀的心情，回忆过去在钱老指导下，从事导弹武器系统战术指标试验鉴定方法研究，反坦克武器系统工程试

* 本节作者吴洪鳌，总装炮兵装备技术研究所研究员。

点等工作，这都与钱学森创建的军事系统工程学科紧密相连。在工作中，我亲身感受到钱学森系统论的科学思想方法及钱老勇于创新、实事求是、忠于实践、严谨治学的科学态度，使我受益匪浅。2011 年 12 月 11 日是钱学森一百周年诞辰，谨写此文以志念。

1955 年 11 月，钱学森刚回国不久，在哈尔滨军事工程学院首长的陪同下，视察炮兵工程系火炮射击训练模拟装置时向我们提出，要注意研究第二次世界大战中德军用 V-2 火箭袭击英国伦敦时分析火箭落点偏差所服从的统计规律。这一指导性意见使我们大开眼界，逐步摆脱了以往教学科研中单纯依靠苏联教材的情形，从而走上了学习研究运筹学的道路。钱学森在 1957 年第 2 期的《科学通报》上发表的“论技术科学”中论述科学技术研究方法时提到“技术科学离不开数学，但青年工作者应注意数学并不是技术科学的关键，真正的关键是对研究问题的认识，分清主要因素与次要因素，多次反复，在问题认识的基础上建立模型，反映问题的内在机理。模型演算得到具体数据后，要与事实相对照，接受检验”。这一论述针对性极强，对我以后的工作经常起到指导作用，对此终生难忘。

20 世纪 60 年代初，钱学森主持提出我国地地导弹按中近程、中程、中远程、洲际导弹的系列发展规划。当时美苏两国分别向太平洋海域的指定区域内发射两枚洲际导弹后即宣告结束研制阶段，立即定型、批量生产、装备部队的情况，受到钱学森的密切关注。他高瞻远瞩，瞄准洲际导弹定型这一目标，就我国导弹飞行试验鉴定的有关理论与方法提出了一系列问题：“导弹武器系统是由元器件、组合件、整机、分系统、全系统所组成的多级系统”。导弹研制过程中各类试验程序，通常按照“金字塔”的形式进行安排（图 7-4-1）。

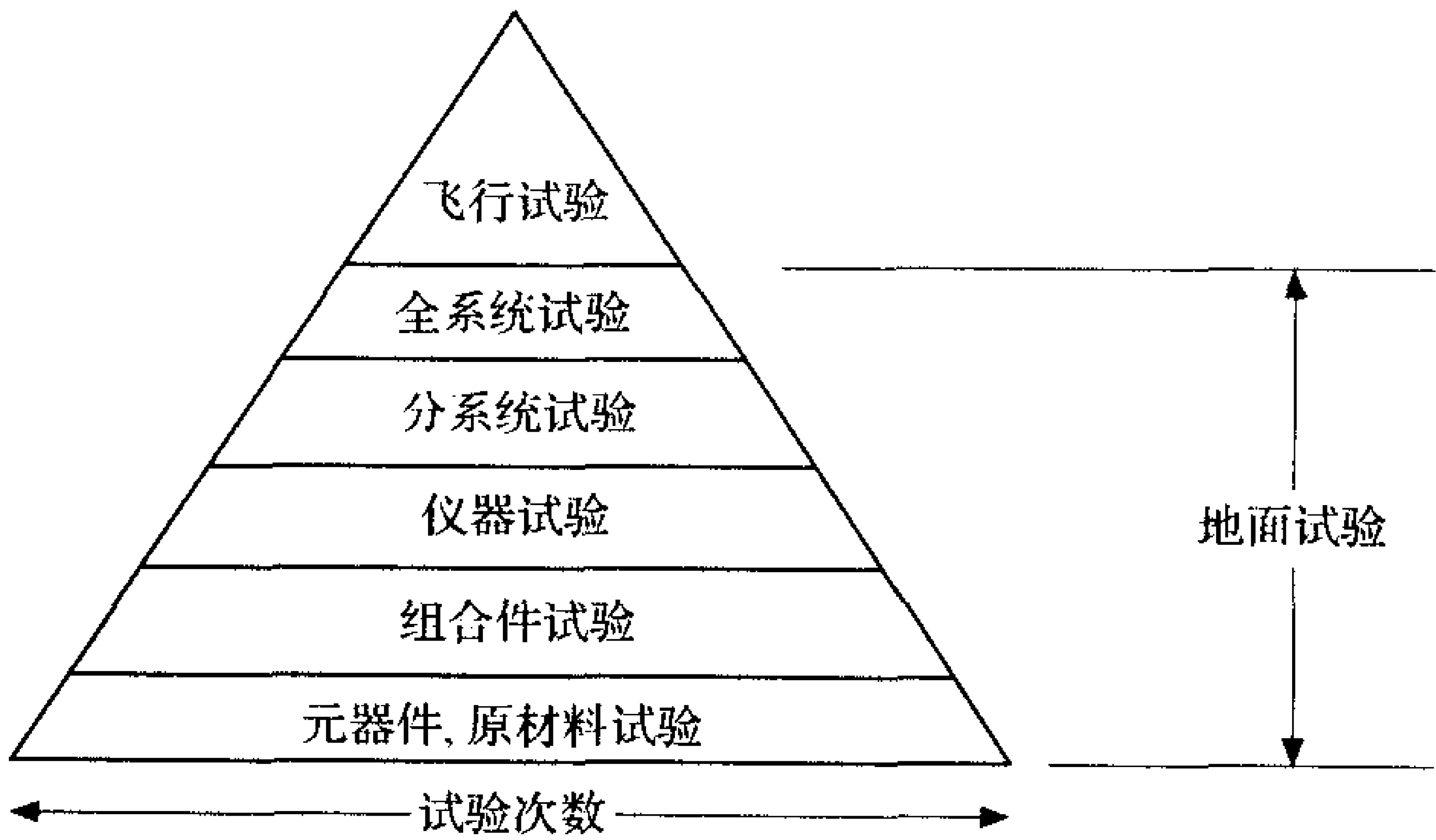


图 7-4-1　金字塔式的各类实验程序图

金字塔顶层飞行试验，周期长、耗费巨大，不易经常进行。导弹研制过程中，如何做到立足地面试验，以极少的飞行试验次数，评定导弹武器的战术技术指标（如可靠性、精度、最大有效射程等）？如何从试验数据特别是导弹飞行试

验的数据中获取更多的信息改进导弹的设计？飞行试验的数据由试验基地的测控系统（主要包括外弹道测量系统，遥测系统，时间统一勤务系统，通信计算机系统等）所提供。测控系统的精度是否能满足不同型号导弹飞行试验的要求，测量数据如何处理等。这类问题钱老统称“试验学”，并指定国防部第五研究院一分院先行试点后组建专业队伍开展“试验学”的研究。我有幸作为其中的一员参加了一些课题的研究。当时研究的重点是导弹可靠性与精度评定。导弹可靠性评定，如果按照通常的做法单纯依靠导弹飞行试验成功与失败的次数进行评定，为达到置信度 80%要求下的可靠性下限 90%，需要飞行试验连续 16 次成功，中间如果有一次失败则要求飞行 26 次。这种评定方法显然不符合要求。针对这一情况钱老提出“金字塔式的可靠性综合评定”，简称“可靠性多级综合评定”的研究课题，根据金字塔相邻两级可靠性结构及各级在不同环境下取得的多种可靠性统计分布模型的试验信息，综合评定导弹在给定置信度要求下的导弹可靠性下限。经过长期的努力这一问题得到初步解决，为导弹及大型电站等复杂系统提供了一种实用的可靠性评定方法，并为总体设计部门充分利用各种试验信息，合理安排试验项目等提供决策依据。1975 年钱老根据导弹在研制试验中分析故障，改进设计，及在使用阶段产品的元器件或整机经过筛选或老化时产品的可靠性处于不断增长的过程中，因此反应产品可靠性水平的母体在不断变化，不能采用母体不变的常用统计方法对产品可靠性增长进行分析。钱老提出开展“变动统计学”的研究作为开展可靠性增长理论研究的基础。对于价值昂贵的导弹武器，每次投入的样品很少或试验时间很短，钱老提出要看重“小样本变动统计学”的研究。钱老十分重视可靠性增长的理论研究与工程实践。1981 年钱老将在其所著《工程控制论》中所论述的“可靠性设计”理论与上述“可靠性多级综合评定”及“变动统计学”三项课题作为可靠性工程的三大研究方向，奠定了可靠性研究的基础。在钱老的指引下经过许多同志在各方面长期艰苦的努力，我国航天工业，目前已建立了一整套的可靠性设计、可靠性增长、可靠性评定、故障诊断等规范，与国家军用标准再加上严格的质量保障体系，大力促进了我国导弹、航天产品及其他军用产品可靠性的提高。

中近程、中程、中远程导弹精度评定采用导弹飞行试验时出现的落点偏差进行统计评定。1965 年试验学组提出了“中近程导弹密集度序贯幂次形曲线截尾验收试验鉴定方案”，比国外同类方案的平均验收飞行试验次数减少约两次，得到了钱老的肯定。1974 年中程导弹经过一系列试验的严格考核后进行武器系统定型。我们为总体设计部上报的研制报告中，提供该型号战术技术指标定型鉴定的分析论证。在武器最大有效射程评定方面，我们对液体发动机关机时剩余量混合比的统计分析为该型号导弹装备部队后成功改型打下理论基础，得到使用部队的好评。精度分析方面，我们发现 1966 年 12 月中程导弹首发飞行时横向落点偏

差与后续进行的定型批多发试验结果相比，有明显的差距。按照该型号飞行试验大纲规定，首发飞行试验的主要目的是考核武器系统的协调性，落点偏差数据的统计分析也显示首发飞行试验的落点横向偏差与定型批试验结果不属于同一母体。我们按照钱老提出的“武器系统定型不得留有任何隐患”的指示在总体设计部主持下对多年前飞行试验中出现的这一落点偏差数据进行彻查。经过多方努力克服了期间所造成的种种困难，最终查明由于首发飞行试验时气象条件恶劣，发射前工人在安装垂直陀螺仪底座时出现操作失误所造成。这一结论得到设计、生产、试验、使用部队各方代表的一致认同，经型号总设计师批准将首发横向落点偏差从精度分析的统计数据中加以剔除。为彻底消除这一隐患，设计师系统对定型后产品在安装垂直陀螺仪底座时作出进一步检查的改进措施。该型号装备部队后多次发射从未出现类似首发飞行试验的情况，证实了上述故障诊断措施的正确性，也成为钱老创建的航天系统工程中以严肃认真、高度负责的态度对统计分析模型与数据进行校核与审定的一个事例。

洲际导弹的飞行试验分两步进行。首先在国内进行特殊弹道（低弹道、高弹道）飞行试验，再进行全射程飞行试验。由于低弹道、高弹道飞行试验射程仅为导弹全射程的10%～20%，弹道的最高点显著低于或高于正常弹道的最高点，弹道飞行程序也有很大的差距。外弹道测量导弹飞行关机点的定位与测速进度要求比中近程导弹提高10多倍，因此不能按常用的落点偏差统计分析进行洲际导弹的精度评定。1975年钱学森提出“采用综合利用地面试验信息与国内特殊轨道飞行试验信息相结合的方法评估洲际导弹全程飞行时的落点偏差”这一技术方向，并指定国防科委机关负责同志组织由各有关部门的专业技术人员组成洲际导弹精度分析专题组开展这一课题的研究。洲际导弹全程飞行的落点偏差由飞行主动段，自由飞行段，再入段三部分引起的落点偏差所组成。在导弹弹头姿态控制系统工作正常的情况下，再入段所引起的落点偏差占全程落点偏差的比例不大，导弹弹头姿态控制系统在国内试验中已得到考核，因此对再入段所引起的落点偏差，在课题开始阶段暂不列专题研究。

导弹在自由飞行段只受重力的影响。重力与地球形状紧密联系。地球形状是指大地水准面的形状，大地水准面是一个重力等位面，而重力是重力等位面的法向导数。为确保洲际导弹全程飞行试验时自由飞行段所引起的落点偏差控制在一定的范围内，1976年钱学森提出开展“地球形状与重力场”研究课题，对总体设计部原有洲际导弹重力计算模型在全程飞行试验状态下进行考核。该课题由总参测绘局负责组织国内测绘科研单位与测绘分队根据当时的技术条件，在指定的区域内由测绘人员采用陆上天文大地测量、重力测量、机载重力仪进行的航空测量及近海地区进行的海洋重力测量等多种手段获得的大量重力测量数据。将这些测量数据提交科学院测量与地球物理研究所等科研单位推算出高程异常、重力异

常和垂线偏差等数据，并建立有关模型后再提交给总体设计部对原有重力计算模型进行校核。由于该项研究协作面广，涉及单位多，领导机关对此十分重视。该课题召开第二次专题会议时总参谋部王尚荣副总长与钱学森亲自出席，并在会上作了报告。1978 年 1 月 28 日在人民大会堂华国锋主席、叶剑英副主席、李先念副主席等党和国家领导人接见了出席专题会议的全体代表。

洲际导弹精度分析研究的重点是洲际导弹全程飞行主动段引起的落点偏差。我们将洲际导弹国内特殊轨道（低弹道、高弹道）飞行的主动段作为全程飞行主动段的模拟，着重研究洲际导弹国内特殊轨道主动段飞行时惯性器件的误差模型系数这一影响主动段落点偏差的主要因素。专题组人员经反复研究后，建立了洲际导弹精度分析数学模型。该模型首先对国内洲际导弹特殊轨道飞行试验时由试验基地提供的外弹道测量数据与弹上遥测惯性器件输出经补偿与转换所得数据进行分析比较。在此基础上采用多种滤波方法，结合惯性器件在地面试验时所提供的验前信息与约束条件最终得到该次特殊轨道飞行时惯性器件误差模型系数的统计估值，并以这些估值转换成模拟全程飞行时主动段的落点偏差。洲际导弹精度分析专题组的这些研究成果为洲际导弹全程飞行试验落区范围的划定提供了重要依据。

1978 年钱学森先后发表了“系统工程”，“军事系统工程”学科奠基性论著在国内引起巨大反响。当时正在制定国防科技发展规划与武器装备体制。为改变武器装备发展缺乏长远安排的情况，围绕“反坦克”这一当时全军的热点问题，根据钱学森的倡议，经张爱萍副总长批准由军委科技装备委员会办公室组成“全军反坦克武器系统工程试点组”。试点组成员分别来自军队与国防工业有关部门及中国科学院等单位。试点组的任务是探索我军开展军事系统工程的一般原理与方法步骤。为实现钱学森在军事系统工程论文中提出“作战模拟实质上提供了一个作战实验室，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划试验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略的计划和效果，可以评估武器系统的效能，可以启发作战思想。”这一精辟论述，在总部机关的直接领导下开展反坦克作战模拟在反坦克武器装备系统发展论证中的应用研究。我们按照军事科学院学术调查研究处所提供的“反坦克作战想定”中所设置的作战背景，敌我双方兵力兵器数量、双方的兵力部署及战斗实施，建立反坦克作战模拟模型。该模型以一系列数学公式与逻辑法则，描述敌我双方的作战单位在一定的时间与空间范围内进行的反坦克战斗进程，计算敌我双方兵力兵器损毁数量这一反坦克武器系统作战效能指标，并以计算机数据与图像实时输出战场态势。根据领导机关对反坦克武器装备发展论证的需求，对我军反坦克武器装备数量、质量等组成多个备选方案，反坦克作战模拟可以加深对反坦克武器的兵力兵器编制装备数量、质量之间复杂关系的理解；可以预测反坦克武器装备不同发展设想所取得的作战效能，从而明确反坦克武器主要装备在整个反坦克武器系统中的地位和作用。在进行反坦克作战模拟的同时我们经过调查研究广泛搜集与整理各项反坦克武器装备

的科研与研制费用、生产费用和使用保障费用等进行统计分析，建立了反坦克武器全寿命期费用分析模型。试点工作的最后阶段是对上述多个备选方案作战效能费用比进行定量与定性相结合的综合分析，择优提出若干建议为领导机关提供决策支持。整个试点工作得到总部首长的肯定。以后我们通过向有关领导机关汇报、学术会议报告、期刊论文等形式，宣传普及试点经验，对军事系统工程的研究与应用起到了积极推动作用。

1998年3月总装科技委召开了“军事系统工程学研究发展20年报告会”，纪念钱学森提出建立与发展军事系统工程学科20周年。钱学森为这次会议所做书面报告中又一次阐述了在军事科学这一大部分里“基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程”。这一论述为我军军事运筹学、军事系统工程学学科的建设与发展指明了方向，提出了更高的要求。近年来在钱学森有关开放复杂巨系统研究的方法论指导下，我军许多单位在武器装备发展研究、战略模拟训练等方面积极建设多种形式的“定性与定量相结合的综合集成研讨厅”，为领导决策提供了许多有价值的建议，标志着我军军事运筹学、军事系统工程学的建设与发展达到了一个新的高度。“定性与定量相结合综合集成研讨厅”的建设离不开模型库与数据库的支持。针对我军军事模型与数据尚未全面开展检验，校核与审定工作，一些模型存在可信度不高的问题。曹刚川同志在“纪念军事系统工程20周年的报告会”上指出：“目前我军军事建模与作战仿真正处于新的发展阶段，为使所开发的军事模型更好地服务于武器装备发展和未来作战训练的需要，我们应及早地建立军事建模与作战仿真可信度评估的管理与标准，把可信性评估活动纳入到军事建模和作战仿真系统开发的全过程，以尽可能少的经费取得尽可能大效益”。参加会议其他同志的发言中一致赞同这一论述，并提出若干补充说明。这是一项军事运筹学，军事系统工程学科发展基础性建设工作，在纪念钱学森一百周年诞辰之际，我衷心希望在钱学森科学思想的指导下尽快开展军事模型可信性评估工作，进一步推动军事系统工程的发展。

第五节 钱学森大力促进我军军事运筹与军事系统工程的发展*

为了纪念钱学森一百周年诞辰，利用自己曾亲身经历的几件事，来撰写此文，以表达衷心怀念之情。

首先是，大家都公认钱学森是我军军事运筹与军事系统工程的创始人，并为此作出过巨大的贡献。这在他与军事科学院的军事运筹所有关的几次活动中，也可以看到。

---

* 本节作者孙柏林，军事科学院军事运筹分析研究所原所长，科研指导部原副部长。

早在1979年7月24日，钱学森在中国人民解放军总部机关领导同志学习会上的讲话就指出："所谓现代科学技术新成果特别是指运筹学的发展和电子计算机的发展。由于这两个发展带来了一大类组织管理技术的迅速成长，也就是各种系统工程的成立和各方面的应用。与军事直接有关的一门系统工程是军事系统工程"。在这一思想观念的指导下，当时的国防科工委组织了"反坦克模型"项目组，该项目直接接受钱学森的指导。当时，军事科学院的作战运筹分析研究室（军事运筹所的前身）曾经派过3位研究人员（两位科研工作者与一名军事人员）参加，这对于军事运筹所后来的建模工作，无疑是获得了有益的启示的。也正是在钱老思想的影响下，军事科学院专门向军委、总部写报告，提出成立从事军事运筹学研究工作的专门机构。

再就是，1985年3月4～6日，在军事运筹分析研究所，召开了《首届全军作战模拟经验交流会》，总部机关和中国系统工程学会的大力支持。当时，正值我军模拟作战手段由传统作战方式向现代化转轨的起始时期。钱老在这次会议上，作了题为："作战模拟是门重要科学技术"的报告。在这次讲话中，钱老着重强调了几个重要的观点：一是国防现代化的发展战略需要作战模拟；二是作战模拟还可以用于打"文仗"；三是军事科学有广泛的意义。钱老认为："作为现代科学一个部门的军事科学，它的意义不限于国防建设，……同志们所从事的作战模拟有普遍的意义。……你们干的这件事，具有普遍的很广泛的意义，对于我们两个文明建设，对于四化建设，对于我们的社会主义建设的各个方面都是有用的。"钱学森在这次会议上发表了重要讲话。他竭力倡导把作战模拟纳入军事系统工程的范畴。他提出了一系列新的概念，从而使得军事学术研究领域更为广阔，层次更加清晰，面貌为之一新。正是由于钱老的创见，大声疾呼发展我军的作战模拟事业，从而使全军很快地掀起了发展"军事运筹学"与应用"作战模拟于规划和计划中"的高潮。

还有，军事科学院军事运筹分析研究所承担了编写《军事运筹学》专著的任务。该项专著是列入《国家哲学社会科学"七五"规划》军事学重点课题的项目。该书主要的著作者张最良研究员等，在参考文献中多次提到吸取了钱学森的创见。对于这门适应现代战争需求而撰写的专著，曾经担任过钱学森学术秘书的王寿云同志还专门写出"贺《军事运筹学》出版"文章表示庆贺。这对于提高我军军事运筹学的理论高度是极其重要的。

正如钱学森在1979年7月24日给总参谋部机关领导同志学习会上的讲话所说："……估计在不久的将来从事军事系统工程工作的人员将达到几千人，其中专门学军事系统工程的具有高等教育水平的干部约一两千人……"事实证明，全军军事系统工程的人才队伍的成长与发展，早已超出了预期。

1999年2月26日下午，由当时的军事科学院院长王祖训和几位副院长在拜

访钱老的活动中，钱老语重心长地告诉军科院的领导："……前一阵子看见报纸上说，军委江主席到国防大学去看作战演示系统，认为很不错。我就想，这个作战演示系统开头搞活流通的是军事科学院。从前，糜振玉同志带我到你们院去看过，那个时候我觉得办得不错。开始也搞演示问题，这是一种现代化的手段，我从你们那里受到很多启发。"他还说："军事科学是很重要的一个科学部门，……我希望在新时期军事科学有更大的发展。大家共同努力，给军委当好参谋，迎接21世纪的军事挑战。"钱老的这些意见，使军事科学院的领导对于将军事科研工作更上一层楼，有了进一步的方向！这对于军事科学院在推动后来建立健全全军的联合作战实验室起到了促进的作用。

其次是，受钱学森、王寿云同志思想与专著的启发，1990年10月，在参加《孙子兵法第二届国际学术研讨会》期间，我曾经撰写过一篇短文："孙子的系统与运筹思想"。当时，这篇短文受到与会的一些中外来宾的好评。为了提高自己的认识，1993年2月9日，我将此文交给当时任国防科工委科技委副秘书长的王寿云同志，请他评阅并转交给钱老。当时，我写给王寿云同志的信件里面说："钱老在给您的复信中曾提到'他有一个考虑：讲战争不说《孙子兵法》行吗？讲国防不说毛泽东思想行吗？'，这对于指导我们开展具有中国特色的国防系统分析的研究与应用有着极为重要的指导思想，尤其是搞技术出身的同志，要加强哲学和军事理论修养，钱老的话对于专业组的工作非常重要。"（专业组是指当时国防科工委科技委的国防系统分析方法论专业组）。我没有想到，1993年2月16日，就收到了钱老的批复：

"王副秘书长：读了转来孙柏林同志的信及《孙子的系统与运筹思想》感到这一套学问应在今日国际竞争中发挥作用。也就是：

1. 向国家领导建议，制订适当的宏观调控手段。

2. 向企业提供咨询服务。

能不能办这样的科技公司？（中国的RAND）

请考虑，要实干。

此致　敬礼！

钱学森

1993年2月16日"

由此可见，钱老的"高瞻远瞩"与"深邃思想"！

在我们和钱老接触的过程中，真正地感受到了钱老的伟大寓于平凡！钱老既是一位平易近人的长者，又是知识渊博的好师长，还是勇于进取的创新者。

参考文献

军事运筹所. 作战模拟的研究与应用. 北京：军事科学出版社，1987.

孙柏林．孙子的系统与运筹思想//军事科学院．第二届孙子兵法国际研讨会论文选．北京：军事科学出版社，1992.
王寿云．军事系统工程的理论与实践．北京：国防工业出版社，1998.
张最良，等．军事运筹学．北京：军事科学出版社，1993.

第六节　迎接军事运筹学发展的新阶段*

著名科学家钱学森在 1998 年 3 月 31 日召开的“军事系统工程学研究发展 20 年报告会”上的书面发言中指出，“在 80 年代初王寿云同志和我开始注意到现代科学技术在军事作战参谋上的运用，我们提出要建立军事运筹学和军事系统工程学。后来我又进一步构筑了现代科学技术的体系：在整体上由马克思主义哲学即辩证唯物主义作指导，在军事方面有军事科学这个大部门，与之并列的有自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、行为科学、地理科学、建筑科学和文艺理论，加军事科学一共十一个大部门。每个部门又分三个层次：基础理论层次、技术理论层次和应用技术层次。在军事科学，基础理论是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程，当然还有其他学问。这是人类知识的体系了”。他希望“这次报告会也是进一步明确上述这个人类知识体系的会议”。

钱学森关于现代科学技术体系结构的论述是他经过二十多年研究于 80 年代中期提出的。从那时到现在的十几年间，钱学森不断完善他的看法并多次予以阐述。这次会上，他又亲笔撰文，阐明他提出的体系结构，并且第一次明确指出“在军事科学，基础理论是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程。”钱学森这样重视且反复明确现代科学技术体系，并从这个高度说明军事运筹学和军事系统工程的作用是有其深刻含义的，应当引起军事学术界的高度重视，认真学习研究。

下面，谨就钱学森提出的军事科学体系新结构（以下简称新结构），对军事运筹学和军事系统工程学科发展的意义，提几点看法。

一、构建军事科学体系结构的重要性

军事科学是关于军事斗争客观规律特别是战争和战争指导规律、战争准备与战争实施的知识体系。它由战略学、战役学、战术学等众多军事学科组成。学科是“学术的分类，指一定科学领域或一门科学的分支”。它“是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性”而划分的。具有相对独立性、聚合性和稳定性。科学发展

---

* 本节内容是张最良 1998 年 11 月在“军事系统工程学研究发展 20 年报告会”上的发言，原载《军事系统工程》，1999 年第 2 期。张最良系军事科学院军事运筹分析研究所研究员。

史表明，一门学科的确立（即被承认）需具有5个条件，即确定的研究对象；特色的研究方法和工具；完整的理论体系；相应的教育机构、专业组织、出版物和研究队伍；社会实际需要。因此，学科不是随意确立的。

军事科学体系结构是关于军事科学各组成学科及相互关系的框架表述，它随着军事科学的发展而发展变化。建立科学、合理而又相对稳定的军事科学体系结构，不但能有力推动军事科学的进一步发展，而且也为更好地制定军事科学发展规划和人才培养规划提供重要的理论依据。

二、钱学森所提军事科学体系结构的特点

我国军事学术界关于军事科学体系结构的研究一直十分活跃，但目前尚未形成一致看法。绝大多数意见，其基本结构原则是把军事科学分成三个层次，每个层次都按研究对象的特殊性区分。上一层次与下一层次学科间是包含与被包含或整体与局部的关系。如一种通行意见是，第一层次包括军事思想、军事学术、武装力量建设理论、军事历史、军事地理、军事技术等六大门类学科。军事学术又分为战略学、战役学、战术学和军队指挥学。军事运筹学列在军队指挥学的下一个层次。这种结构方案较充分注意历史发展的连续性，也适当考虑新的学科的形成与发展，对这些年军事科学研究的组织与推动发挥了积极作用。

钱学森提出的新结构与上面所说的方案不同，其主要特点有二：一是各层次按知识在人们认识世界、改造世界中的作用来划分。上一层次学科与下一层次学科间不是包含与被包含的关系，而是相辅相成的关系。第一层次是基础理论层次，它包括目前军事科学体系中的大部分学科，总起来叫军事学或军事理论。这一层次学科的任务重在认识客观世界，发现客观规律，对客观世界的现象和进程作出描述、解释和预见，说明改造客观世界应遵循的原则，即回答“是什么”和“为什么”的问题。第二个层次是技术理论层次，目前主要是军事运筹学。它的任务是把军事学的研究成果转化为能具体指导改造客观世界实践的理论和方法，并通过这种转化过程，深化对客观世界的认识。也就是从决策层次上回答“做什么”和“怎么做才好”的问题。第三个层次是应用技术层，即军事系统工程。它的任务是把军事学特别是军事运筹学的研究成果转化为直接改造客观世界的方法、手段和工具，即从行动层次上回答“做什么”和“怎么做”的问题。

新结构的另一特点是充分考虑现代科技进步对军事科学的影响，特别是近20年来高新技术在军事中应用所引发的军事领域深刻变化对军事科学发展的影响，明确了军事运筹学和军事系统工程在军事科学体系中的重要地位和作用。

三、新结构对军事科学发展具有更大的促进作用

新结构对今后军事科学发展会起更大的促进作用。其原因在于：

（1）新结构符合军事科学发展基本规律的要求且有利于加快军事科研成果向现实战斗力的转化。

军事科学源于军事实践，通过从实践到认识的飞跃，认识客观世界（形成军事科学理论）；又通过从认识到实践的飞跃，改造客观世界（推动军事实践的发展），深化对客观世界的认识，达到科学的目的（认识世界与改造世界）。这就要求军事科学体系中，既有侧重认识世界的学科，又有侧重改造世界的学科。二者的区别主要不在研究领域的不同，而是研究的角度与功能不同，因此属于两个层次。这样的体系结构能使军事科学中有关认识世界和改造世界的学科都得到重视，促进军事科学应用于军事实践，从而促进军事科学更快地发展。

（2）新结构符合现代技术特别是高技术条件下军事斗争现实对军事科学发展的要求，具有鲜明的时代性和前瞻性。

高技术条件下军事斗争现实对军事科学发展的要求，一是要把握未来不确定性，提高预见科学性，使我军在世界军事领域深刻变革中保持主动地位，具有战则胜的能力；二是提高军事科研成果向军队战斗力转化的有效度，尽快使我军治军和军事斗争准备适应未来战争要求和社会主义市场经济发展要求；三是充分考虑信息技术运用的潜力，加强军事资源应用的优化研究，为实现我军建设和作战由粗放型向集约型的转变提供支持。

为适应上述要求，现代军事科学必须更广泛地综合社会科学、自然科学、系统科学等其他科学部门的成果，尤其是把系统论的思想观念和以定量为基础、定性定量结合的方法应用于从实践到理论的抽象以及从理论到实践的转化并大力发展和运用作战模拟、对抗演习等作战实验手段，为军事理论创新提供尽量接近军事斗争实际的实践根据。这就意味着军事科学的体系结构应作重大调整，明确军事运筹学和军事系统工程这两个学科在军事科学体系结构中的重要地位，对它们的任务提出更高的要求。只有这样，才能使军事科学符合“核威慑下的信息化战争”时代要求。

（3）新结构符合我军军事科学发展及研究队伍现状，具有现实推动作用。

从 80 年代初钱学森提出建立军事运筹学和军事系统工程学以来，由于军委、总部的高度重视和我军现代化建设事业的迫切需求，这两个学科作为军事科学体系的新的分支在我军已得到确认并进入有组织的发展时期。军内外有关专业研究、教育机构达 100 个左右，专业研究人员达 2000 人，两个学科应用研究的联系人员达数万人。两个学科的学科体系初步建立，取得一批优秀应用成果，在我军现代化建设中，显示出其他军事学科所不可替代的作用，日益引起各级指战员的重视，为学科的进一步发展打下良好基础。

另一方面，军事科学体系中的军事基础理论学科，尤其是军事学术类和武装力量建设类，虽然传统上定位在社会科学门类，研究队伍大多数是文科知识结

构。但从 80 年代中期以来，各军种特别是陆军指挥院校也开始从高中毕业生招收学员，培养具有本科学历乃至硕士、博士学历的军事人员；还有不少科技专业人才根据军队建设事业需要走上各级军事指挥和参谋岗位；尤其是近些年，广大军事人员响应军委江主席号召，坚持以党的三代领导核心的军事理论为指导，贯彻“科教强军”方针，努力用高科技知识武装自己，积极探索用自然科学方法研究军事科学的途径，取得不少经验。所有这一切表明，已经有一定数量的军事人员，其知识结构中有相当大成分的科学技术含量，他们是既懂军事又懂现代科技的 T 型结构人才。这为军事科学体系中各门学科与军事运筹学和军事系统工程的结合提供了有利的条件。

所以新结构对我军军事科学发展来说不是超越现实的，而是有现实基础的。按照新结构要求，规划我军军事科学发展和科研人才培养，就一定能推动我军军事科学大跨度发展。

四、从广度和深度上加强军事运筹学、军事系统工程的研究与应用

军事运筹学起源于第二次世界大战期间为改善新研武器装备（如雷达、潜艇等）作战使用效能而作的努力。

在发展初期（40～50 年代），它主要研究用科学技术方法优化武器装备使用方案的战术问题。从 50～60 年代起，随着导弹、核武器等新型武器装备的出现和军事领域相应变革的发生，军事运筹学在发达国家特别是美国和苏联，得到全面发展，成为一门独立的军事学科。这个学科应用数学和计算机等科学技术方法，对各类军事活动进行定量为主的分析研究，为军事活动的决策优化提供思想、理论和方法。军事运筹学面对的军事活动内容十分广泛，已不仅限于战术级作战指挥，而是涉及武器装备、军事训练、编制结构、作战条令、作战指挥、后勤保障和战略研究等众多军事活动领域。

以军事运筹学为基础理论之一的军事系统工程起源于二次世界大战后，把早期军事运筹理论方法应用于未来武器系统选择和评价的实践。美国兰德公司把这种研究方式称为系统分析，苏联称为军事系统工程。不论怎样称呼，它实际是一门军事应用学科。其任务是在军事基础理论指导下，综合运用军事运筹学及系统科学、计算机科学中相关学科的成果，研究解决有关进行各类军事活动，实现国防资源合理配置和系统结构优化的组织管理技术问题。

经过几十年的发展，今天军事运筹学和军事系统工程的研究和应用已成为发达国家军队国防管理和军事斗争指挥决策的必要环节，其内容已扩展到军事领域的各个方面。下面列举 1998 年美国第 66 届军事运筹学会年会分组讨论的内容，从中可以部分反映出美国军事运筹学研究的广度。年会共分 7 个大组，每组又分若干分组。

A组是战略和国防。下设战略行动；核、生、化防卫；军备控制与扩散；防空与导弹防御等4个分组。

B组是航天/C^4ISR（指挥、控制、通信、计算机、情报、预警与侦察）。下设航天系统的作战贡献；C^4ISR；运筹学与情报；信息战；电子战和抗干扰；无人机系统；军事环境因素等7个分组。

C组是联合作战。下设陆战和远征作战；沿海作战和局部制海；兵力预测，计划和实现；空战分析和战斗识别；特种作战及非战争军事行动；联合战役分析等6个分组。

D组是资源。下设机动性与兵力运输；后勤，可靠性与可维护性；人力和人事等3个分组。

E组是战备与训练。下设战备；对训练与任务演练的分析保障；战场特性，人员伤亡承受性和医疗计划等3个分组。

F组是武器采办。下设效能指标；试验与评估；多方案分析；费用分析与决策分析等4个分组。

G组是军事运筹学进展。下设建模、仿真与对抗模拟；军事革命（长期/战略规划）；军事运筹学中的计算技术进展；社会科学方法4个分组。

进入90年代以来，在人类社会技术形态开始出现由工业化社会向信息化社会转变的大背景下，随着以信息技术为核心的高新技术武器装备在军事中的大量应用，战争形式出现了从核威慑下机械化战争向核威慑下信息化战争的转变。国家安全概念也由单一军事向军事、经济、文化、环境等多维化演变，预示世界军事领域将出现新的重大突破。

这一新的变化对各类军事领域的决策提出了双重新挑战：一是适应人类社会技术形态向信息化社会过渡的总趋势要求，充分利用信息资源的潜力，使军事活动以更少的资源消耗取得更大的活动效果；二是要在面临前所未有的复杂因素和高度不确定性情况下做出正确的决策。

在这种军事需求的牵引和信息技术发展提供的巨大能力推动下，军事运筹学和军事系统工程的任务和作用将进一步得到发展，潜力得到进一步发挥，而步入它的“黄金时代”。

对我国来说，虽然军事运筹学和军事系统工程的研究和应用由于起步较晚，还不能像发达国家那样，在国防建设和军事决策中发挥必不可少的关键作用；要起到钱学森所指出的在现代军事科学体系中的应有作用，也还需要经过长期的努力。但只要我们坚持以党的三代领导核心军事理论为指导，按照钱学森指出的军事科学体系结构要求规划军事科学研究和人才培养，以改革创新精神，从广度和深度上加强军事运筹学与军事系统工程的研究和应用，就一定能使这两个学科为国防和军队建设作更大贡献，使我军军事科学真正形成适应新时期军队建设和未

来作战需要的新的科学体系。

参考文献

戴怡芳. 解放思想，实事求是，把军事理论研究引向深入. 中国军事科学，1998，(2).
傅全有. 认真贯彻江泽民主席重要指示，进一步加强军事理论研究. 中国军事科学，1998.
国防系统分析专业组. 加强国防系统分析，迎接世界军事技术革命的挑战//国防系统分析专业组. 国防系统分析专业组97年会论文集，1997.
江泽民. 在纪念建军70周年大会上的讲话，1997.
金吾伦. 跨学科研究引论. 北京：中央编译出版社，1997.
毛泽东. 毛泽东选集（1卷）. 北京：人民出版社，1991.
钱学森. 将中国人民解放军组建成21世纪的信息化人民军队//国防科工委科技委. 国防科工委科技委第六届年会论文集，1997.
钱学森. 为什么要创立和研究系统学，1986.
全军哲学社会科学规划办公室. 军事学研究回顾与展望. 北京：军事科学出版社，1995.
谢储生. 现代军事科学词典. 北京：军事科学出版社，1994.
郑文翰. 军事科学概论. 北京：军事科学出版社，1994.
Johnson R P. The 66th MORSS provides a path to the next centary. PHALANX，1997，30(3)：18～20.

第七节　钱学森在军事科学与系统工程领域的卓越贡献*

在我的一生当中确有几件不多的幸运大事，而认识当今华人的杰出代表、世界和我国著名的顶级科学家钱学森，算是其中特别幸运的一件。回忆起来真是感到教益多多，终身受用。

一、从偶像崇拜开始

我从小受“科学救国”的思想影响满脑子充满了想当科学家的幻想。国外的科学家如牛顿、爱迪生、爱因斯坦、居里夫人等都十分敬仰，国内除了古代的许多历史人物之外，当代的三钱（钱学森、钱三强、钱伟长）就是我崇拜的对象。由于我在大学的专业与军工关系密切，毕业后又恰巧分配到尖端科技部门工作，特别是60年代初调到中央专委办公室工作以后，我们的办公地点就在国防科委大楼，那时钱学森任国防科技委主任。虽然靠进出大楼的机遇极少能碰见，但是关于钱老个人的传闻却能经常听见。如有人说：“他从小就是神童!”有人说：“他在美国念书时就已显露超人的天才，早被美国的导师卡门教授（导弹与力学专家）看中，并赋予他研发的重任。”还有比较知情的人说：“把钱学森从美国要回来可不是一件容易的事情。”据说当时经周总理批准，在朝战后的中美谈判中，

* 本节作者朱松春，军事科学院军事运筹分析研究所原总工程师、研究员。

把争取钱老回国的事列入重要议程，最后还以释放美军的一些重要战俘作为交换条件，才获美方让步的。当然钱学森本身充满爱国热情和坚持返回祖国的坚定立场积极配合是基本因素。

钱学森回国后，受到当时的中央领导包括毛泽东、周恩来等的亲切关怀和器重，他先后在七机部（即后来的航空航天工业部）和国防科工委担任科技领导工作，同时还兼任中科院力学所所长职务。但作为公认的他的最大贡献还是在导弹与航天事业上，有人把他称为中国的“导弹之父”、“航天之父”毫不过分！

二、百闻不如亲见，神秘面纱开始揭开

当钱学森还是我脑中的崇拜偶像时，我的想象中他一定是一个形体高大、声音洪亮，态度极其严谨，使人望而生畏的伟人。但当我们第一次和他直接接触时，却使我们感到非常意外，他对待我们这些当时还是年轻人时，显得十分热情、开朗和亲切、友好！的确是没有一点点大科学家的架子，非常平易近人。

在专业与学术领域中，他不但没有那种武断专横的作风，在讨论中总是循循善诱，以理服人。特别令人信服的是他能一下子抓住问题的本质与关键，并从国家事业的整体利益出发，择优分析基础上，提出正确的指导方向和具体意见，作出科学的判断与决策。他思维敏捷、理论功底丰厚，并且考虑问题时总是非常认真细致、全面系统和深远，真是令人敬佩不已。这就是我们后来在实际接触中的真实的他。

三、钱学森与运筹学、系统工程

其实，前面已述，钱学森这位举世闻名的科学家对我来说，过去只是一个虚幻的崇拜对象而已，而促使我和他真正的接触开始于 70 年代初，我被调往军事科学院从事战略战术方面的军事分析工作后。多年来，我因在军事系统工作，一直十分关注美国国防部和著名的美国智囊机构——兰德公司的研究活动，大量收集了这方面的资料，从中发现美国国防部自 1959 年由第二次世界大战时期的运筹学家麦克纳马拉担任国防部长以来，在国防部系统的各项工作中均大力推广这一定量分析为主的科学方法。这一方法在美称之为“作战研究”（Operations Research），在我国后来被中科院数学所的一些老专家定名为“运筹学”，以适应国情的需要。美国后来又逐渐发展成为“系统分析”这一门科学方法。从整个国防部的规划、计划到作战效果、武器研制的费用效益等均采用这一方法进行科学分析至今未变。为此，我在 70 年代中期编译汇集了一批有这方面我认为对我国国防建设有用的部分文章（约有十五六万字），定名为《运筹学和系统分析在军事上的应用》，以内部文件的方式在军科运筹所大约印了几十本，作为供军科领导和研究人员参考。现在已经记不起是一个什么样的机会，这本八开版的内部参考

用的小册子传到了钱学森手中，据当时担任钱老秘书的王寿云同志告诉我说，钱教授看到这本小册子，不仅惊讶而且也很高兴。他说他回国后 20 多年一直倡导推广应用这一方法，但在国内军内响应者不多，怎么军科院这位年轻人竟然自发在做起这件好事了呢？他立即托人从军科院要了几本直接送到当时任国防科委主任的张爱萍上将和其他领导手里。从此这本小册子一下子抬高了“身价”，由于印数不多，记得宋时轮院长特意规定，只有大军区以上领导来要才能给一本的指示。更没有想到的是也正因为这本小册子特别幸运地为我直接创造了和钱老多次见面领教的机会。

珍宝岛事件后，中苏边境冲突不断，似有越演越烈的趋势。面对苏军大量坦克压境的严峻形势，在一次中央军委工作会议上，军委常委粟裕会同张爱萍、宋时轮等领导联名向军委提出了成立全军反坦克系统分析小组以集中研究应对苏军大规模坦克群的进攻问题。该小组由全军各军兵种派出代表成立后，由国防科委直接领导，因此办公地点设在国防科委大楼，而国防科委又指定时任科技委主任的钱学森具体负责业务领导，从而给我们创造了直接受钱学森教导的极好机会。

由于这个小组的任务就是要用最现代的科学方法——运筹学与系统分析方法对敌我未来战争中交战双方力量消长进行预测分析，从而为军委领导决策提供科学依据。这也是钱学森从长期的军工尖端武器的应用转向军事作战领域的实践作了开端，并且非常认真负责地进行了指导。也就在这一时期，为后来的中国系统工程学会和军事运筹学会、军事系统工程学会的成立打下了坚实基础。

四、大力开展系统工程实际应用，筹备成立中国系统工程学会

由于军委反坦克系统小组虽具有广泛的代表性，但毕竟是一个临时机构，任务完成后即回原单位，于是大家共同希望有一个稳定的交流这类科学方法的学术性机构，自然就提出了成立学会的问题。在讨论中钱学森特别谦虚和民主，多次提出别的理事长人选。当确定学会名称时，鉴于我国的实情，他特别提出要把这一科学方法用于国民经济建设实际，不能只停留在学术理论探讨上，从而提出用“系统工程”命名。为了统一国内外学者的共识，在我们的建议下，他和许国志、王寿云共同署名，在上海《文汇报》上发表了题为“系统工程——一门组织管理技术”的文章。

最后在 1980 年初于北京京西宾馆召开了“系统工程学会”成立大会，会上总参谋部李达副总长还作了热情洋溢的支持与祝贺的报告，钱学森被大家推举为第一任理事长。

五、推动军事领域科学方法的发展

可以这样说，这套科学方法源于军事，而最终在军事领域也开展得最为广泛

和深入。由于战争的重要性和紧迫性，世界各国无不把最先进的设备和科学方法最先应用于军事作战领域，我军亦不例外。

但是从当时我军的实际情况来看，最大的差别在于我军指挥人员特别是高层指挥人员中，文化程度相对较低，因此在推广这一科学方法初期，既不可能强调高深的数学理论工具，也难于提倡计算机的直接操作和应用。然而十分清楚的是如果不能让他们最先接受，那是无法在全军推广应用的。于是我们采用了艰难的逐步过渡的办法。最初，我们采用了“唱隔壁戏”的方法，即指挥员在电话机上按 0、1、2 等数字，在指挥室的隔壁配备了专职操作员，按 0——停止，1——前进，2——侧攻等进行计算机指挥操作，以实现指挥员的指挥意图。从而引起指挥员对计算机操作的兴趣，为下一步直接操作打下基础。第二个阶段是参照傻瓜照相机的原理，以“傻瓜软件”代替了原来的专职电脑操作员，指挥员开始由电话机走向电脑简单的键盘操作，进一步提高兴趣和操作能力。第三阶段我们采用了美军早期应用的“战斗力相对指数”方法，即把各种作战用的武器装备以简单的相对数字予以表述，如以步枪为 1，则手枪为 0.5，轻机枪为 4，重机枪为 6，迫击炮为 10 等。尽管不很准确，但却十分形象易懂。对于那些与作战有关的诸如气象、地理环境与指战员的训练水平等难以量化的各种因子，我们在美军的基础上发展了我军自己的一整套“系数”予以计量。

历史上由英国军事科学家兰切斯特发明的战斗力方程，一直是西方应用数学方法描述双方战斗力消长与输赢的公认方法，我们把这一方法与美国的战斗力指数结合起来，创建了我军第一个用计算机模拟的“快模一号”模型，得到了当时军委领导的大力支持。时任总参谋长的杨得志将军说：这个方法好，我们都看得懂，比有些人弄一大堆数学方程来糊弄我们要好得多（大意）！这是我们在钱老科学方法要与国情结合、强调实际应用思想指导下在军事作战领域的初步成果！为后来全军的推广应用打下了基础。

由于科学技术的飞速发展，20 世纪末 21 世纪初，特别是信息技术的快速崛起，国际上军事现代化发展也相应加速，出现了 C^3I（通信、指挥、控制与信息技术）等先进的指挥方式，而前一时期的科学方法的推广应用，为我军现代化跟上国际步伐打下了扎实基础。也大力推进了这一科学方法在我军高层战略决策宏观分析中应用！在制定我军“七五”、“八五”规划和制定 2000 年的国防战略等重大决策问题上都为中央高层决策提供了科学分析的咨询建议。在上述领域我们都直接或间接地得到了钱老的指导和帮助！并在他的指导下先后成立了军事运筹学会与军事系统工程学会。

六、对系统工程理论的重大贡献

钱老在指导全军全国国民经济系统工程方法的应用中，总结出了重大决策中

的“二个结合”与复杂系统的“综合集成”思维。

在大力推广应用这一科学方法过程中，发现和我国高层领导的传统决策方法发生了一定的碰撞。传统的决策方法是通过开会的方法，在民主讨论基础上，根据领导人员过去的实际经验对事物进行定性分析判断基础上作出决策，而科学方法则主要是根据大量数据分析基础上作出判断，两者往往不一定都能取得一致，此时就有一个最终决定于谁的问题。钱老在分析了大量案例基础上提出了二个结合来处理好这一最终决策（定量与定性分析相结合，人和计算机相结合），得到了大多数人支持。

由于凡有人参加的系统都是复杂系统，钱老又总结了复杂系统必须进行综合集成的科学理论。他还结合上述二个结合的理论，主持和开展了“综合集成厅”的试点，使得对整个军事、社会经济等复杂系统的研究提出了新的方向，为解决复杂巨系统问题提供了一个实际可行的途径！

2011 年 12 月 11 日是钱学森一百周年诞辰，谨以此文表达对钱老的纪念。

第八章　军事系统工程方法与实践

第一节　关于军事决策科学化的思考*

军事决策科学化涉及的问题很多，这里我重点就综合集成理论与军事决策科学化问题，从信息化条件下军事决策科学化面临的挑战、综合集成理论对军事决策科学化的重要价值、积极推进我军作战实验室的综合集成建设三个方面，谈一些个人思考。

一、信息化条件下军事决策科学化面临的挑战

军事是一切直接有关武装力量建设和战争活动事项的统称，主要包括国防和军队建设、战争准备和实施等。在当今和平与发展为主题的时代，无论是争取和平，还是谋求发展，都离不开军事问题。军事决策是为实现一定军事目的，对军事实践的目标、方针、原则、方法所做的论证、决定和筹划，是军事认识活动的重要形式，也是军事实践的首要环节。军事决策有战略、战役、战术等不同层次，我们这里讲的是战略决策。因为战略决策是统管全局的，不仅指导整个军事活动，而且会影响军事形势的总体变化，直至决定一次作战乃至一场战争的进程和结局。正所谓“运筹帷幄，决胜千里”、“一着不慎，满盘皆输”。

自古以来，人类就不断追求军事决策的科学性。早在2500多年前，《孙子兵法》就有“庙算”之说，强调多算胜、少算不胜。毛泽东非常重视战争的主观指导要符合战争的客观规律，在中国革命战争实践中导演了一幕幕威武雄壮的历史剧。我们的前人在军事问题科学决策方面做了大量有益的探索，积淀了丰富的科学决策思想和方法，是我们今天科学决策的宝贵财富。随着信息时代的到来，新军事变革正在催生信息化军队和信息化战争，军事决策的环境、任务和手段都在发生深刻的变化，这就给军事决策科学化提出了新的要求，使其面临严峻的挑战。

1. 军事实践要素剧增并趋一体化，要求大幅提高军事决策的整体性

信息化条件下，军事建设与战争实践，都是体系化的活动，建设是一体化的

---

* 本节内容是徐根初在第262次香山科学会议上作的报告。徐根初系军事科学院原副院长。

建设，战争是一体化的对抗。军事实践的领域越来越宽泛，专业分工越来越细密，要素迅速增多。在信息纽带的联结下，诸要素间相互关联更加紧密，一体化程度显著提高。军事实践活动与政治、经济、外交、法律乃至文化等领域的联系日益密切，军事系统的开放度达到了空前的水平。这就要求，军事决策必须以全局的眼光、整体的思维、联系的方法，充分关注影响军事决策的相关要素，从一体化的层面准确把握各要素的地位以及它们之间的作用机理，更加注重综合运筹和整体决策。

2. 军事实践更加注重效益，要求大幅提高军事决策的精确性

信息化条件下，军队建设和作战的成本成倍增长，风险也相应增大。过去一辆坦克才 10 多万美元，现在一辆三代坦克高达 300 多万美元；一架苏-30 飞机要 4000 多万美元，一艘现代级驱逐舰高达 4 个多亿美元。这种建设的成本以及决策失误可能导致的风险，可想而知。在这个背景下，提高建设和作战效益成为必然选择和显著趋势。一方面，改变传统的粗放式的建设模式，着力提高军队要素的质量、优化资源投向、调整要素组合方式，实现建设的集约化。另一方面，改变过去机械化战争的规模制胜模式，通过作战能量适时、准确、适度的释放，以最小的代价获得最大的作战效果。这就要求军事决策必须充分占有和利用信息资源，在正确战略决断的同时，加强对决心的配套筹划，提出可量化的指标、设计可控化的过程、把握实施的细节，提高决策的精确化水平。近年来，美军提出“精确作战”、“聚焦后勤”等新的概念，就体现了精确性决策的思想。

3. 军事实践的累积效应大大增强，要求大幅提高军事决策的前瞻性

当今时代，由于军队建设是体系化的建设，时间上的因果联系更为密切，今天的建设效果会通过体系在未来得到放大，对未来军队建设产生巨大的累积效应。与此同时，军队建设的体系化程度越来越高，无论是大的武器系统还是整个作战体系，其建设与功能形成的周期都相对延长。现在，武器平台一般 15～20 年更新一代，作战体系的建设周期比这更长。换句话说，2020 年我们军队想装备的武器平台，今天就要着手研发了。这就要求，军事决策必须以长远的眼光，对军事活动的发展做出正确的预见，做好战略筹划。要正确评估未来国家利益及可能面临的威胁，同时依据对未来战争发展的科学判断，明确军队建设 10 年、20 年以至更长期的战略发展远景，并把这种远景需求贯彻到近期军队建设的决策之中。近年来美军相继提出《2020 联合作战纲要》、《军队转型路线图》都属于战略远景规划。

4. 军事实践的时间因素急剧增值，要求大幅提高军事决策的时效性

信息化条件下，军事体系的反应速度极大提高，作战节奏明显加快，战争进程显著缩短，战场情况瞬息万变。时间作为战争存在的基本形式，与过去相比其价值有了很大提高。战争过去以年和月来计算，现在用天和小时来计算。战争留给决策者的时间越来越少，延误时间就意味着失去战争，有时关键的几分钟就可能决定一场战争的胜负。有人形容人类社会的战争哲学，过去主要是“大吃小”，现在则是“快吃慢”。这就要求，在军事决策实践中，必须树立强烈的时间观念，依托健全的决策体系，利用先进的技术手段，优化决策程序，确保科学决策的高效快捷。

应当看到，战争是人的活力对抗，是人的智慧创造性的比拼，始终具有一定的不确定性，“战争迷雾”不可能完全消失。军队建设是一项庞大的复杂的系统工程。关于战争、军队建设的决策，既是一门科学，也是一门艺术。在信息化条件下，作为科学与艺术结合的军事决策正在进入一个新的发展阶段。决策中的艺术成分，已可以部分通过科学手段来把握，决策中的科学成分，正在获得更为先进的理论的支持。

二、综合集成理论对军事决策科学化的重要价值

综合集成理论是当代系统科学的最新发展和理论精华，是钱学森同志在总结长期工作实践和理论研究的基础上，批判吸收还原论和整体论等早期系统方法，逐步形成的。它包括科学系统观、从定性到定量综合集成方法和综合集成研讨厅体系等主要内容，构成了综合集成理论思想体系，实现了科学认识论和方法论的一次飞跃。综合集成理论的思想、观点和方法，对于认识和解决军事决策科学化问题，具有十分重要的理论意义和实践价值。

1. 提供了用科学整体思维研究军事决策问题的系统观

综合集成理论超越了简单的、机械的系统观，提出了认识世界的新的科学系统观，特别是它根据系统复杂程度，提出了“开放的复杂巨系统”概念，强调要用开放的、联系的、复杂的思维，考察像社会这样一类的复杂形态。它认为，认识复杂巨系统的基本途径应当是从研究整体出发，从整体到部分，再由部分到整体，最终认识系统的总体性质和状态。

军事系统是由主观军事目的和客观军事功能的互相联系、互相作用的多层次子系统所构成的有机整体，属于典型的“开放的复杂巨系统”。正确的军事决策，需要准确把握军事系统存在的环境条件、复杂构成及其内在运行规律，以便驾驭它、改造它、运用它。

运用综合集成的科学系统思维，可以帮助我们更好地认识和研究复杂军事系统问题，其中最主要的是提供了一种科学的军事决策思维指向。也就是，要始终把军事问题作为开放的复杂巨系统来考察，充分看到问题的关联性、复杂性和不确定性，在矛盾运动中把握问题的本质和规律，提高决策的针对性和有效性。

2. 提供了从定性到定量综合集成研究军事决策问题的方法论

综合集成理论从科学的系统观出发，提出了认识和把握开放的复杂巨系统问题的科学方法论。它强调要把相关理论、知识、经验、判断，与计算机、信息网络等技术手段有机结合起来，发挥现代科技的整体优势，构成“人机结合、以人为主”的工作体系，通过从定性到定量的综合集成研究，找出总体上解决问题的思路和方案。这种科学方法论启发我们，从综合集成角度，更加深入地思考军事决策科学化问题。

一是要按照综合集成研究的要求，加强和改进定性分析，深化对军事实践特点和规律的认识。要把加强定性分析作为搞好综合集成研究的基本条件，根据新的军事实践的需要，系统整理知识、经验，把握事物的特点规律，启发创新思维，提出新的构想，为定量研究提供新的指向、打开新的视角。

二是要适应精确化决策要求，利用新的科技手段，加大定量分析的力度。在信息化条件下，军事决策的精确性要求越来越高，对定量分析提出了更高的标准。定量不是一般的量、表面的量，而是比一般定性描述更能深刻地反映事物本质的量，是反映复杂性、规律性和整体性的量。要发挥建模、仿真等科技手段的作用，通过定量分析论证，深化对军事问题的定性认识。注重军事建模理论和方法的创新，特别要注重研究信息化条件下军事问题的建模，加强模型有效性的验证，重视基础数据的系统配套与准确性校验，提高定量分析的有效性。

三是加强定性与定量分析的有机结合，在综合集成的过程中实现认识的升华。定性与定量分析的结合，是迄今为止人类研究复杂军事问题的根本途径。要通过人机结合、人机互补，利用计算机仿真、实验和计算，实现从定性认识到定量描述的转化。从定性到定量再到定性，是一个循环往复的动态过程，需要反复多次、逐次逼近，不断深化对军事问题的认识，直至获得满意的结果。

3. 提供了用综合集成研讨厅研究军事决策问题的技术手段

综合集成理论，不仅提供了科学的系统观和方法论，而且找到了实现这一理论的技术途径。它提出的综合集成研讨厅体系，能够在军事决策的论证、筹划、评估等重要环节和方面，发挥重要的支撑作用，对军事决策科学化具有重要的实践价值。其在军事领域的主要表现和具体形式，就是作战实验室。

作战实验室是信息时代的产物。早在 70 年代末，钱学森同志在研究系统学

问题的同时，就已敏锐地思考并最先提出了作战实验室的设想。他认为，应用计算机模拟技术建立作战实验室，是“军事科研方法划时代的革新”。可以说作战实验室构想是综合集成研讨厅体系的军事雏形。90 年代以来，作战实验室在国际上迅速发展。美军把作战实验室作为实现军事变革的一项战略措施，已建立了 1 个联合作战实验室和 16 个军种作战实验室，现在每年都要举行大规模的作战实验活动。北约及其各主要成员国都有高级作战实验室，甚至像新加坡一些较小国家也建立了作战实验室。

作战实验室把军事理论、系统科学方法与计算机技术融为一体，为研究军事决策问题提供了科学方法和手段。通过多年的实践，我们感到作战实验室应用领域广泛，在战略筹划、战法研究、军事训练、武器装备研制等方面有着重要的用途，已经成为军事领域的重要创新基地和辅助军事决策的重要实践途径，大有可为，发展潜力很大。

三、积极推进我军作战实验室的综合集成建设

运用综合集成理论认识和解决“开放的复杂巨系统”问题，这本身就是极为复杂的系统工程，需要经历一个艰难的创新探索过程。这也是任何科学创造必然经历的过程。从作战实验室设想的提出到现在，已经过去了 20 多年。这期间，军队很多科研单位和院校从研究运筹方法和计算机模拟技术开始起步，逐步建立了一批不同用途的作战模拟系统。近年来又建立了不同类型的作战实验室，发展速度和建设的规模是很喜人的。现在的问题是，如何加快缩短我军与外军先进水平的差距，如何提高实验室建设水平和使用效益，更好地为军事决策服务。这里，结合我们作战实验室建设的实践，谈几点认识。

1. 必须进一步强化科学的综合集成理念

要充分认识综合集成理论的科学指导作用。科学发展史上常有这样的现象，当人们对某一理论的科学价值认识得不深、实践得还不多时，理论的推广和应用总会遇到很多困难。综合集成理论的发展及其在作战实验中的运用，也经历着这样一个过程。我们要深刻地认识到，综合集成理论符合马克思主义的哲学原理，具有坚实的理论基础和实践基础。它的核心概念、基本思想和方法论对于认识像军事这样“开放的复杂巨系统”的作用是实实在在的，是其他方法不能完全替代的。对综合集成理论的科学价值认识越深，理解越透，运用的自觉性就会越高，效果就会越好。

要在实践中实现综合集成理论的科学价值。钱学森同志在创建系统学的过程中，始终坚持实践第一的观点，把科学实践放在第一位。他积极倡导运用综合集成理论，研究解决国民经济系统、国防建设系统中的一些重大问题，并在实践中

不断完善这个理论。我们进行作战实验室建设，最根本的也是要靠实践，在实践中充分实现综合集成理论的科学价值。说一千道一万，关键还在于干。

要进一步突出以人为主的观念。综合集成理论，是“人机结合、以人为主”的思维方式和研究方式，注重发挥人的创造性。作战实验室建设中，要把军事专家、系统工程专家、技术专家相结合的科研队伍建设摆在主要位置。在作战实验中，让人在人机系统中起主导作用，使这种人机结合、优势集成的智能系统，比人聪明，比机器更聪明。

2. 坚持以“管用、先进、可靠”为标准

经过多年实践，我们深深体会到，指导和衡量作战实验室建设，必须以“管用、先进、可靠”为基本指标，具备管用的效能、先进的功能和可靠的性能。

第一，坚持应用牵引。必须紧紧围绕应用搞建设，抓住军队建设和作战的重点难点问题，组织攻关，逐个解决。这就要求我们，必须把军事系统的现状、未来发展的方向和可能提供的条件“三种情况搞透”，做到底数清楚、需求清晰。在实践中要防止单纯技术观点，只从技术角度看问题，把实验室建设搞成技术展示室，一碰到实际问题就显得无能为力。

第二，搞好顶层设计。顶层设计要把综合集成的理念、原则、方法与军事理论和实践要求紧密结合起来。不能机械地把综合集成理论当做具体方法和方案，也不能拘泥于一般理论意义上的研讨厅模式，更不能照搬外军作战实验室的模式。要坚持高起点、高标准，搞好总体设计，分步滚动向前推进。既要满足当前的需要，又要适应今后向更高水平发展的要求。

第三，狠抓薄弱环节。研究复杂的军事决策问题，必须有大量可靠数据和模型的支持，通过综合的模拟分析、评估和论证，得到比较接近实际的解答，形成从定性到定量的综合集成。从目前情况看，数据问题是制约实验室建设的重要“瓶颈”之一。数据来源渠道不畅，关系不顺，缺乏标准，更新困难，这种状况要尽快改变。

第四，逐步形成体系。研究复杂的军事问题，特别是重大军事决策问题，都会直接联系着战略、战役、战术、技术各个层次，覆盖国防和军队建设的很多方面，涉及政治、经济、科技、外交等多个领域。这不是一个作战实验室就能承担起来的，必须建立具有高度开放性的作战实验体系，形成全军作战实验室相互支撑的协作网络。这样才能发挥好辅助决策的重要作用，有利于作战实验室的进一步发展。

3. 不断提高作战实验的创新能力

作战实验室建设是一个特殊的复杂系统，有其特殊性，特别是信息化条件下

的特殊需求。在实践中，从思想到理论、方法，再到工程实现和实际应用，有大量未知的问题要解决，大量未知的工作要做，需要我们在实践中进行创新、进行探索。

一要创新作战实验机制。主要是解决好三个方面的问题：建设机制，就是要建立与全军信息化建设同步发展、全军作战实验室协调发展的建设机制；管理机制，就是要明确作战实验室建设的领导、管理和使用部门，形成建、管、用统一的机制；成果转化机制，就是要建立课题立项、成果鉴定和推广应用的一套制度，让科学管用的成果进入决策、进入实践，更好地发挥为部队建设和作战服务的作用。

二要创新作战实验理论。信息化战争与以往任何战争形态，有着明显不同的本质特征，从而对作战实验提出了新的更高要求。传统的军事运筹理论是机械化战争时代形成的，反映了机械化战争特点和规律的，需要改进创新，逐步形成反映信息化战争特点和规律的理论体系。如信息化战争和一体化联合作战的仿真建模理论，特别是战争复杂性建模、体系对抗建模，人的行为、思维方式建模等。

三要创新作战实验技术。技术创新是作战实验室综合集成建设的重要基础。现在信息技术发展很快，不断产生新的技术手段。这就要求我们加强技术应用创新，形成符合作战实验要求的技术体系和支持能力，解决好仿真技术体系结构、综合信息通用支持平台、虚拟战场环境等一系列关键技术问题，使作战实验技术在应用中创新，在创新中发展，在发展中促进应用。

当前，日新月异的信息技术发展给军事领域不断带来新的变化和新的挑战，对军事决策提出了更高要求，也提供了越来越先进的辅助手段。注重综合集成理论在军事科研中的应用是信息化条件下加强科学决策的必由之路，是时代发展的必然要求。创造性地运用综合集成理论，不断提高军事决策的科学化，是摆在我们面前的重要课题。我们要为这一使命而努力奋斗。

第二节　钱学森系统科学的战略思考与实践*

20 世纪 50 年代以来，在党和国家老一辈无产阶级革命家的英明决策和领导下，在钱学森等老一辈科学家、技术专家的运筹、组织下，我国在科技、经济社会与军事等领域，特别是国防科研战线，取得了世人瞩目的成就，研制成功了以“两弹一星”为代表的一系列高新技术装备，组建了研究、开发、试验与生产配套的国防科技体系，使我国跻身于世界军事尖端技术发展国家的行列。

* 本节作者柴本良，总装科技信息研究中心研究员；赵少奎，第二炮兵装备研究院研究员。

20世纪中叶，系统工程的理论、方法在世界范围内蓬勃发展，在现代工程与经济等领域，特别是军事工程领域相继得到广泛应用，取得喜人的成果。1955年钱老回国后，在开创我国导弹与航天事业的同时，登高望远，深刻地认识到系统工程的理论、方法对我国工程科学技术和社会主义建设事业具有特殊的重要性，并在创建我国导弹与航天工程的关键时期，结合我国实际，大力开拓、发展系统工程，指导我国国防科研部门的科技人员结合国防工程的开发，深入探索、研究并运用系统工程的理论、方法，取得了诸多重大自主和原始创新成果。

笔者先后于1957年和1964年初参加我国国防科研科技信息与导弹总体设计单位的工作，亲身参与我国国防高科技事业的初创、成长和大发展时期的工作，并有幸聆听钱老在我国国防高科技事业发展的不同阶段，关于我国高科技事业发展的许多重要指示和教导。钱老的身传言教，使笔者在几十年的科研工作中受益匪浅。

在钱老离开我们，又恰逢他百年诞辰的前夕，我们共同回顾在钱老的指引下，学习、研究、运用系统工程和系统学的收获和体会，倍感亲切。回顾钱老情系中华、高屋建瓴、运筹帷幄，进行了深邃、精辟的战略思考，运用系统科学的理论、方法谋划并组织了我国国防高科技事业的科学实践，使我们更加深刻地认识到：钱老这些颇具远见卓识的战略思维与科学实践，不仅在当时对我国国防高科技，乃至整个科技事业的发展产生了重大影响，而且对我国今后相当长时期的社会主义建设事业仍然具有深远的指导意义。这里所述，主要是笔者亲身经历的几件事，从中可以深刻地感受到钱老对发展我国科技事业超前的科学意识，睿智的战略思维。

一、组织国家规模的国防高科技工程，抢占科学技术的制高点，促进国家科技与经济事业的发展

新中国成立后，经过短短几年的经济恢复，国家就进入了大规模的经济建设时期。1956年1月，毛泽东同志在最高国务会议上明确地提出："我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济和科学文化上的落后状况，迅速达到世界上的先进水平。"

1955年，在周总理的亲自关怀下，钱老冲破重重障碍，从美国归来，满怀激情地投入到祖国的社会主义建设事业中。1956年2月27日，响应党中央的号召，提交了《建立我国国防航空工业的意见书》（简称《意见书》）。该《意见书》对如何发展我国导弹航天技术，从组织、科研、设计、试验和生产等方面提出了组织国家规模高科技工程的总体思路和实施方案，很快得到党中央的肯定，同年10月国防部第五研究院正式成立，钱老任首任院长，全面负责我国导弹航天工程的实施。在党和国家正确政策的指导下，经过五院领导和全体员工的艰苦奋

斗，仅仅10多年时间就组建了学科专业齐全、研制、生产、试验工作配套的导弹航天产业体系，走过了我国导弹航天事业从仿制到自行研制，既艰辛又光辉的历程，研制成功了近、中、远程多种型号导弹武器系统和航天器。我国导弹航天计划的实施，有力地带动了我国相关科学技术和制造工艺技术的提高，抢占了世界高科技发展的制高点，增强了我国的综合国力，使我国跻身于世界国防高科技发展国家的前列。今天，回顾我国导弹航天事业的光辉历程时，更加深刻地认识到钱老关于组织国家规模国防高科技发展计划战略思考和实践的重大意义。

钱老组织国家规模国防高科技发展计划的真知灼见，是建筑在他长期从事现代科学与工程技术前沿探索与实践的基础之上的。1936年秋，钱学森师从世界著名航空工程和力学大师冯·卡门，1939年取得航空与数学双博士学位，进而在当时科学技术前沿课题攻关的过程中，迅速崭露头角，成长为“现代科学”研究的高手。20世纪40年代，他曾经是美国著名的加州喷气推进实验室主任，同时兼任哥达德航空中心的讲座教授，亲自参与了美国空军制订的著名的“迈向新高度”规划的科学实践，直接起草了规划的重要部分……。在美国工作期间，形成了他独特的系统工程理论基础和实践经验。在推进工程（技术）科学体系创立的过程中，他充分地认识到“纯科学的发现与工业应用之间的距离已经很短，留长发的纯科学家与理短发的工程师之间的差别也非常之小，他们之间的紧密合作需求产生了一种新的职业，就是工程科学家，他们在纯科学与工程之间架起了桥梁，运用基础知识解决工程的实际问题。”并且认同“我们已从大规模生产的时代发展到工程的时代”，“各种科学学科，似乎互不相关，……会以一种意想不到的方式彼此影响与促进，这种复杂的相互影响是科学和技术的生命和灵魂，自然的奥秘和财富往往隐藏在最微妙和最意想不到的地方”。钱老身处在当时高科技发展的风口浪尖之中，通过亲身的科学实践，对现代科学知识体系和工程开发管理问题进行了新的思考，提炼出发展当代科学技术的真知灼见。因此，在20世纪70年代末，国家实行改革开放政策，我国科技事业迎来了又一个春天，针对如何快速、有效地推进我国科技事业的发展，钱老要求笔者进一步撰写《组织国家规模的现代科技工程》，介绍国外如何组织国家级高科技工程的做法和经验教训，经过他过目修订后在中国国防科技信息中心的刊物上发表，在社会上引起了广泛的影响。

当邓小平同志明确指出：“科学技术是第一生产力”时，钱老进一步就我国社会主义建设事业发展的战略措施问题明确指出：21世纪的发展，不是以工业促进科学技术，而是反过来，以科学技术促进工业发展。并进一步指出：“要解决这个问题必须国家下决心，而且不能像现在这样分头去干。像大规模集成电路，要专门有一个公司，公司要设一个谋划全局的总体部。过去我们有搞‘两弹一星’的经验”，“只要中国狠抓科学技术，一下子就跨入21世纪。我今天提出

的战略不是以工业促进科学技术，而是反过来，以科学技术促进工业发展”。

在半个多世纪的时间里，在不同的历史发展阶段，钱老一而再，再而三地提出要组织国家规模的现代科学技术工程，以此抢占世界科技发展的制高点，全面推进国家社会与经济的发展，充分反映出钱老对现代科学技术发展规律的深刻认识和他的科学发展观，他的这种战略思考，直接推动了我国国防高科技武器装备发展的历史进程，而且必将会深刻地影响着我国新一轮技术革命向新的产业革命发展的进程。

二、系统工程是当代产业革命进程中组织管理技术创新的源泉

20 世纪中期，在工业发达国家相继出现计算机技术、航天与核技术以及电子通信技术的推动下，武器装备发展出现了划时代的变革。在这些高新技术武器装备的研究、开发、试验与生产过程中，出现了前所未有的工程开发组织管理的新理论和新方法，从而导致组织管理技术划时代的创新与变革，孕育了工程系统工程的诞生。

20 世纪 50 年代初期，系统工程只是在美国等工业发达国家的少数高新技术研制单位开始研究和探索。1948 年，钱学森就发表了“工程与工程科学”的论文，明确地指出：“当代，科学与技术研究已经不再是没有计划的个人活动，任何一个大国的政府都已经认识到，这种研究是增强国力和国民福利的关键所在，因此，必须严密地加以组织。”并且在美国火箭、导弹研究的开创时期，钱老就极富远见地提出“火箭导弹技术同其他类型的武器所要求的技术完全不同，必须委托给军事部门的一个新的团体，要用新的军事思想和思想方法进行研究……。”建议美国应成立一个“喷气武器部”，统一组织领导火箭导弹技术的发展工作。1954 年，他在完成《工程控制论》的过程中，又进一步形成了很有创意的系统思想，在“复杂性科学”研究的重要分支——《控制论》研究中做出了开创性的贡献，超前地建立了现代系统工程与系统科学的理念，使其跻身于世界系统科学早期研究者、开拓者之列。

20 世纪 50 年代，对于刚刚诞生的新中国，系统工程更是很少有学者关心的领域。但是，1956 年，当钱老主持我国导弹航天事业时，他就在国防部五院设置了“作战研究室”，开创性地推进军事运筹学的研究与实践。记得在 1958 年，在北京永定路国防部五院二分院的一间办公室里，钱老亲自给国防部五院的干部和科技人员作美国军事运筹学发展的学术报告。钱老当时以第二次世界大战期间美军士兵在食堂排队洗碗过程中出现的碱水池与清水池设置问题为例，来说明怎样调配碱水池与清水池的配置，可以避免士兵洗碗排长队浪费时间的问题。他用极其生动的语言，简明的实例，深入浅出地向我们这些刚刚走上工作岗位的科技人员介绍了军事运筹学的基本原理和方法。

在创建我国导弹与航天工程研制体系之初，钱学森就明确指出："健全的航空工业，除了制造工厂之外，还应该有一个强大的为设计服务的研究及试验单位，应该有一个做长远及基本研究的单位"。他当时就清醒地认识到：现代复杂工程系统的开发与传统工程研制有很大不同，组织管理工作必须符合科学技术工作的客观规律，也要结合中国的具体情况，应当建立具有宏观谋划指导与系统设计运筹、控制与管理职能的总体研究机构。按照他的这一思想，借鉴国外航空技术总体设计部的经验，我国导弹、火箭与航天技术研究院陆续都建立起总体设计部、专业研究所和相关的试制、生产厂与配套的试验基地，形成了具有中国特色的导弹、航天工程组织管理体系，把钱老对我国导弹、航天工程发展的宏观战略谋划付诸组织实施。随着我国导弹研制工作的逐步展开，钱老十分重视在我国导弹与航天研制计划中，采用先进的组织管理技术和方法，推进我国高科技工程项目的实施。这一时期钱老特别重视研究美国大型武器装备系统组织管理技术的进展。为此，在钱老的指导下，中国国防科技信息中心先后印发了《工程技术管理资料汇集》、《国外工程技术管理资料》，以及《科学技术管理》等文集，专门登载以系统工程为核心的项目管理技术和方法，供国防部五院领导和机关制定体制、编制和工作条例时参考。1964 年，国家酝酿在国防部五院基础上组建导弹工业部，钱老亲自指示中国国防科技信息中心将美国有关大型导弹研制计划中关于抓总机构的设置资料进一步整理，由他亲自审定后，提供五院和有关领导在论证导弹总体部等体制设置问题决策时参考。

20 世纪 50～70 年代后期，钱老作为中国导弹、航天科技事业的首席科学家，负责这支队伍在极其困难的条件下开展现代尖端科学技术发展的组织管理工作，形成了颇具中国特色的航天系统工程思想和方法。钱老在主持引进系统工程为核心的大型武器装备系统的项目管理技术与方法的时候，十分重视研究我国的国情和工程实施的具体环境，组织推行了包括"计划协调管理技术"和"总体设计部"等一系列行之有效的系统工程管理理念和技术，有效地加速了我国导弹航天事业的发展步伐，推进了具有中国特色的航天系统工程的建立和发展。恩格斯早在一百年前曾说过："一个民族要想登科学的高峰，究竟是不能离开理论思维的"。在开创我国航天科技事业的长征中，钱学森提出了一系列有创见的理论、技术，把理论创新、技术创新、体制创新和管理机制创新有机地结合起来。在周总理与聂荣臻元帅的直接领导，钱学森的现代工程科学理念的指导下，国防部五院（包括后来的七机部、航天部）领导集体明智、坚定、有效地强化了总体设计部在航天产品研制全过程、全局性谋划与全系统综合集成工作中的技术运筹、协调和管理机制；推进了两条指挥线分工明确、协调配合的组织管理机制；实施了航天产品发展"三步棋"的宏观谋划、航天型号研制"三阶段"的程序管理与航天产品开发的三个层次分级决策管理的运行机制，并且大力推广了系统工程的理

论和方法，使我国用最少的投入、比西方发达国家短得多的周期，走向世界航天大国的道路，创造了人类科技发展的奇迹。在赞叹中国航天人取得辉煌成就的时候，我们应当从钱老创新我国航天系统工程理论和身体力行科学发展观的实践中吸取丰富的营养和智慧，把我国社会主义现代化建设事业一步一步地引导到科学发展的轨道。

三、系统工程理论、方法在我国导弹航天工程实践中的应用

在我国第一代战略导弹的研制与试验过程中，特别是在我国首批洲际导弹全程试验近 10 年的准备与实施过程中，在钱老的言传身教和指导下，笔者对系统工程的理论和方法边学习，边实践，受益良多。不仅开创性地完成了我国首批洲际导弹全程试验的一系列实施方案的总体设计、系统运筹与试验实施的协调工作，而且在航天工程实践的基础上完成了《工程系统工程导论》等著述，结合我国国情，系统地提出了工程系统工程的理论和方法。下面主要谈一谈在钱老指导下实施的几个案例。

1. 我国首批洲际导弹全程试验目标与基本保障条件的制定

1980 年 5 月 18～20 日期间，我国向太平洋中部海域发射了 2 枚洲际弹道导弹，进行了我国首批洲际导弹的全程飞行试验，震动了世界。

1980 年 5 月下旬，在运载火箭研究院的一次设计师会议上，当时的张镰斧院长十分明确地指出："进行全程飞行试验，准备工作做了 10 多年，但是，究竟需要不需要进行全程飞行试验，我们也争论了 10 多年，我看，全程试验打完了，我们的意见才真正统一起来了……。"那么，我们为什么要进行洲际导弹的全程飞行试验？争论的焦点究竟在哪里呢？

1974 年 5 月，笔者向军委七一八工程和国防科委领导汇报我国洲际导弹全程试验方案时，钱学森副主任明确指出："洲际导弹全程试验是新中国成立以来规模最大的一次科学试验，具有重要政治、军事和科学意义，我们一定要组织好，做好各方面准备工作"。但是，为进行我国洲际导弹全程试验而开展的七一八工程却几经反复和波折，直到 1979 年初，在全程试验准备的关键时刻，国防科委领导听取运载火箭研究院关于全程试验工作汇报时，火箭研究院总体部总体室的某主管领导代表火箭研究院发言时，竟提出："全程飞行试验是我国洲际导弹定型的充分条件，不是必要条件，可试可不试，我们立足通过国内试验完成定型工作"引起了激烈的争论。钱老在做总结时，从我国洲际导弹研制的全局出发，用十分平和，但非常坚定、有说服力的语言指出："立足国内试验定型是我们的愿望，可以说是一个良好的愿望，但是从我们现在国内试验、测量条件和精度分析工作进展的实际情况看，我们还不具备这个条件，全程飞行试验仍然是我

国洲际导弹定型试验的重要组成部分，所以全程试验我们还是要做，而且要扎扎实实地做好一切准备工作”。实践表明：在我国当时的研制条件下，洲际导弹的全程试验不是“可试可不试”，而是通过全程试验的科学实践，进一步暴露了我们在运载火箭系统设计中存在的薄弱环节，有力地推进了我国洲际导弹的研制和定型工作。全程试验是从我国国情和导弹研制的全局出发，从总体上思考并解决问题的明智决策。

作为全程试验的主管总体设计单位，为了更好地统一各参试单位对进行洲际导弹全程试验总体目标和工作思路的认识，以利于各参试单位能够大力协同做好各方面技术准备工作，我们按照钱老提出的：“总体设计部把系统作为若干分系统有机结合成的整体来设计，对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调的观点来考虑，总体设计部对研制过程中分系统与分系统之间的矛盾、分系统与系统之间的矛盾，都首先从总体协调的需要来选择解决方案，然后留给分系统研制单位或总体部自身去实施”的思想，从我国洲际导弹研制的全局出发，进行了全程试验的目标分析和试验基本保障条件论证。这一课题研究涉及对国内特殊弹道飞行试验结果的深层次分析，特别是在当时的试验与测量技术条件下，通过国内短程特殊弹道飞行试验，对导弹命中精度分析与鉴定究竟能够做到什么程度？对导弹弹头再入大气层的力、热和动力学综合环境能考核到什么程度？在这些问题认识不一致的情况下，各分系统势必从局部工作和本单位的利益出发，不适当地强调本系统在全程试验准备工作的重要性，导致领导机关在人力、物力、经费和计划安排上遇到棘手的决策问题。针对这些问题，我们学习了在钱老指导下汇编的《系统工程与科学管理》文集，参照哈罗德·兰德在第二次世界大战期间帮助丘吉尔制定“英国空军部署方案”时进行的快速系统分析案例，按照哈罗德·兰德的办法，用图 8-2-1 形象地说明了国内特殊弹道飞行试验的预期结果，明确地提出了指导性的综合意见。

第一，在当时条件下，仅通过国内特殊弹道飞行试验，不能完成我国洲际导弹命中精度分析与鉴定任务，有待全程飞行试验进一步解决这一难题。就技术工作而言，完成我国洲际导弹命中精度验证是全程飞行试验的主要目的。

第二，弹头射程适应能力等性能指标通过国内特殊弹道试验基本能够实现考核目的，但是试验发数尚少，应在全程飞行试验中进一步考核。这是全程飞行试验的第二位任务。

第三，运载火箭通过国内特殊弹道飞行试验，证明其总体方案基本正确、各系统匹配、协调，对特殊弹道环境基本适应，但是在真实的飞行弹道环境下，对弹上环境敏感的系统和设备存在薄弱环节，还有待通过全程飞行试验进一步考核。

批次	弹道 \ 试验项目 \ 飞行段	主动段				自由飞行段		再入段			
		井下热发射	总体方案	主要性能：精度	主要性能：射程	姿态控制系统	突防系统	力、热综合环境	引爆控制系统	核装置冷试	再入散布
零一批	射程关机低弹道		○○	✧✧	✧✧						
	速度关机低弹道		○○	✧✧	✧✧			☆☆	✧☆		○○
	卫星弹道		○○○○○○	✧✧✧✧✧✧	✧✧✧ ○○○						
零二批	速度关机低弹道		○○	✧✧	○○			☆☆	✧☆		☆☆
	射程关机高弹道	○○	○○	○○	○○	☆☆	○○				
	射程关机低弹道		○○	○✧	○✧						☆☆

☆ 充分考核；○ 基本考核；✧ 部分考核。

图 8-2-1　全程试验前，国内特殊弹道飞行试验的预期结果

将上述分析结果向火箭研究院、七机部和国防科工委的领导汇报后，统一了对我国首批洲际导弹全程试验目标与基本保障条件的认识，推进了全程试验准备工作的落实。

面对从陆地到海洋，从海洋到空中由全国二十几个省市科研力量形成的庞大试验系统，实施计划如何落实，成为国防科委领导面临的一个棘手课题。1974年钱老提出力争在新中国成立 30 年大庆时“干它一下”，但是具体落实实施计划成为国防科委司令部领导的一个难题。1976 年 5 月，我国首批远洋考察队返回广州一上岸，当时主管全程试验组织实施工作的国防科委孙茂祥副参谋长就把笔者叫到他的房间，了解考察情况，并且提出：“你讲一讲，咱们的全程试验究竟什么时间可以进行?”在钱老系统工程思想影响下，笔者明确地指出：“现在的问题，首先要明确我国洲际导弹全程飞行试验的主要目标和试验准备的基本保障条件序列，然后把全程试验前必须完成的工作，按照‘计划协调管理技术’的方法排出实施计划网络图来，那时就自然可以得出结论”。

按照系统工程的方法，我们制定了我国洲际导弹全程飞行试验的主要目标和试验准备的基本保障条件，为领导机关决策各分系统人力、物力、经费等安排的

轻重缓急；处理试验系统准备过程中按照怎样的优先保障序列进行协调或弃取；如何制定全区最低发射条件的保障序列；综合全区发射窗口和安排全区各分系统联试、校飞与近海演练计划，以及统筹决策全程飞行试验计划等提供了基本依据，为落实全程飞行试验计划网络图提供了决策依据。

通过全程试验系统工程的实践，使我们深刻地认识到：一个宏大工程开发涉及的领域越多、系统越复杂、研制进度越紧张，越要求工程系统开发的总体设计部门，特别是主管总体设计师和项目总负责人要紧紧抓住工程开发的目标分析与基本保障条件分析工作。工程开发目标分析与基本保障条件分析是指导工程开发的出发点和基本依据，是工程实施全过程的指南。通常工程规模越大，新的技术问题越多，人们往往越容易忽视这一根本性的问题，常常被不时出现的技术难题以及经费、进度、人力和物力安排等的具体决策所困扰。在这种情况下，越容易做出错误的判断和不明智的决策，导致经费、进度、人力和物力的不合理运用，甚至影响整个工程计划的顺利实施。因此，对于工程系统开发的总体设计部门，特别是总设计师，应及时、准确地做好工程系统的目标分析与基本保障条件论证工作，为工程项目总负责人进行工程决策提供充分、正确的决策支持，这是系统开发组织管理的核心问题之一。

2. 弹着点测量系统技术方案的提出与实施

20 世纪 70 年代，在我国首批洲际导弹全程试验的准备过程中，开展了海上测控系统的研制工作，命名为“七一八工程”。其中有一个十分重要的项目——“弹着点测量系统”，它的成功与否，在很大程度上关系到我国首批洲际导弹全程试验测控系统准备与实施的成败。但是，由于测控系统的负责人对“弹着点测量系统”研制的意义认识不足，没有结合我国的实际情况进行必要的技术创新，导致研制的水声测量系统遇到了难以克服的困难：

① 对座底水声测量系统的工作环境调研不够充分，试图在太平洋中找到一个有无人小岛依托的试验区，解决测量系统自身的精确定位问题，实际上是不可能实现的。

② 由于当时国内工艺与技术水平的制约，我国研制的座底水声测量系统只能在 2 千米水深以内平坦的水域使用，在大洋中难以找到适合这种测量系统要求的适当试验海域。

在这种情况下，钱老常常讲的一段话：“别人讲不清楚的问题，我们应当讲清楚，我们也能够讲清楚，因为中国人并不笨。”鼓起了我们的勇气，我们毅然决然地从试验系统工程的全局出发，跨越技术分工的界限，对洲际导弹全程试验弹着点测量方案进行了广泛调研，在海军海上打靶确定炮弹命中点思路的启发下，提出了前无古人的“船载弹着点水柱测量雷达”的应急技术方案。按照“向

阳红五号"船的舰桥高度，利用通用的船用导航雷达进行了分析论证，得出的初步结论是：只要适当提高雷达转数和测量距离，就有可能实现洲际导弹全程试验弹着点的测量任务。但是，测控系统主管部门的专家持反对意见，明确表示这是不可能实现的。其理由是：

① 国外根本没有这种测量系统。

② 我们的导弹弹头击水会不会产生水柱、水柱有多高、能停留多长时间，谁说得清楚?

③ 即使方案可行，从研制雷达做起，时间也来不及。

在此之后的两年时间内，该方案被测控系统主管部门连续否定了三次。1978年初，在我们已经从"AD报告"中发现美国人正在进行同类弹着点测量系统的试验。但是，我们仍然对弹着点测量方案争执不下。当时的国防科委科技部四局李国枢局长面对只有一年的准备周期，果断决策："你们总说别人提的方案不行，那你们拿出一个可行的方案啊！你们拿不出来，我看就按这个船载弹着点水柱测量雷达的技术方案做。"在这种情况下，才开始了"船载弹着点水柱测量雷达系统"的研制工作。

在钱老提倡的系统工程理论、方法的指导下，我们参照意大利军方应用系统工程的方法研制"茵地果"地空导弹系统的成功案例，参照他们利用本国装甲兵的装甲运输车、陆军的高加速固体火箭、空军的探测雷达，引进计算机信息处理系统，迅速研制出一种技术上先进、在世界军贸市场上很有竞争力的"茵地果"地空导弹的系统工程方法。经过调研，很快提出了利用我国现有的打捞船和当时已投入使用的"船用导航定位系统"，改进海军现有的船用雷达，加上目标显示、记录系统，综合集成就形成了一个完整的应急弹着点测量方案，通过几个月的近海试验，很快就研制成功了急需的"船载弹着点水柱测量雷达系统"。主要依靠这一测量系统，获得了我国首批洲际导弹太平洋试验弹着点的精确测量数据，完成了我国洲际导弹全程试验弹着点测量的关键任务。

3. 运用从定性到定量综合决策的办法解决海上试验区划定的问题

1）问题的提出

1974年5月，笔者向军委七一八工程和国防科委领导汇报我国洲际导弹太平洋试验方案时，钱学森副主任明确指出："目前的试验方案基本可行，但是，导弹的海上试验区，一定要比美苏初期试验水平高，试验区要小，封锁时间要短。"钱老登高远望，明确地指明了我国首批洲际导弹全程试验技术准备工作的方向，但是，要完成这项任务却是一个很大的难题（试验区与试验禁区参见图8-2-2～图8-2-3）。

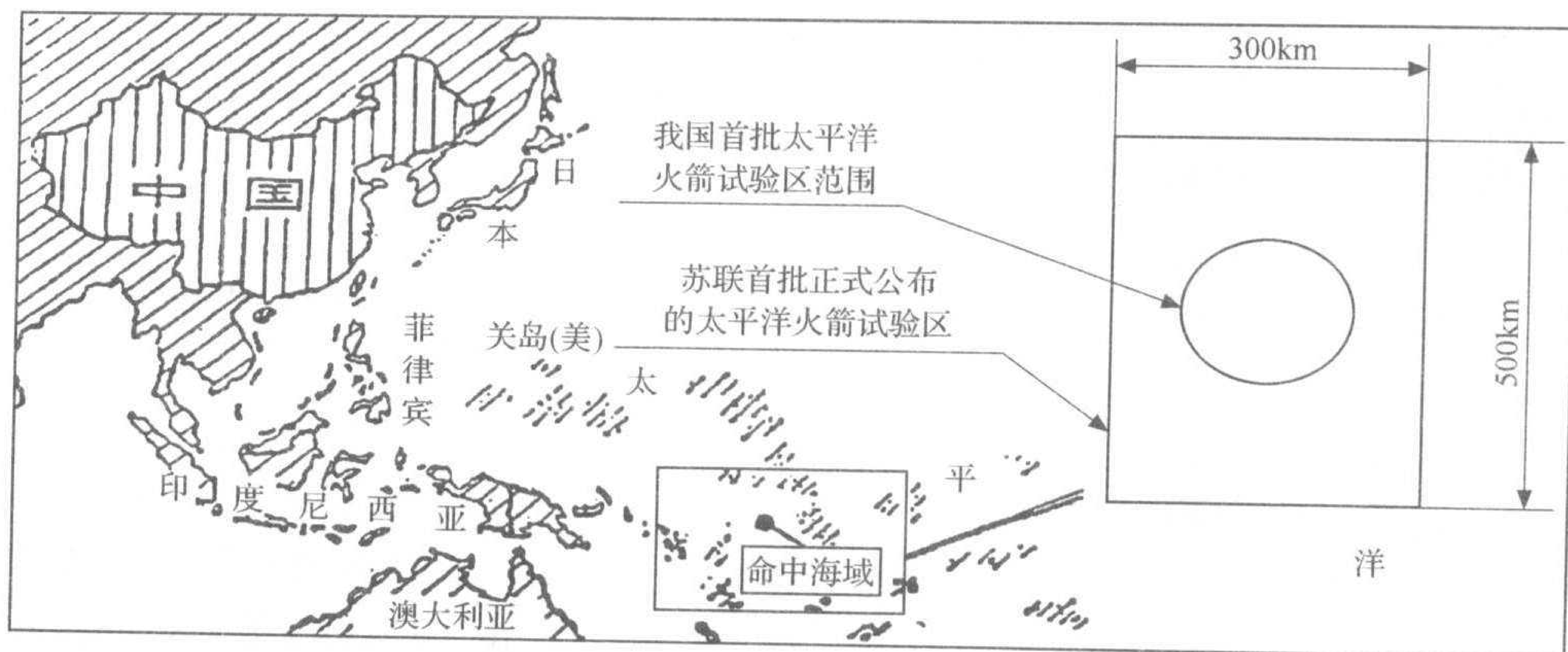


图 8-2-2　1980 年 5 月 9 日我国公告宣布的试验禁区

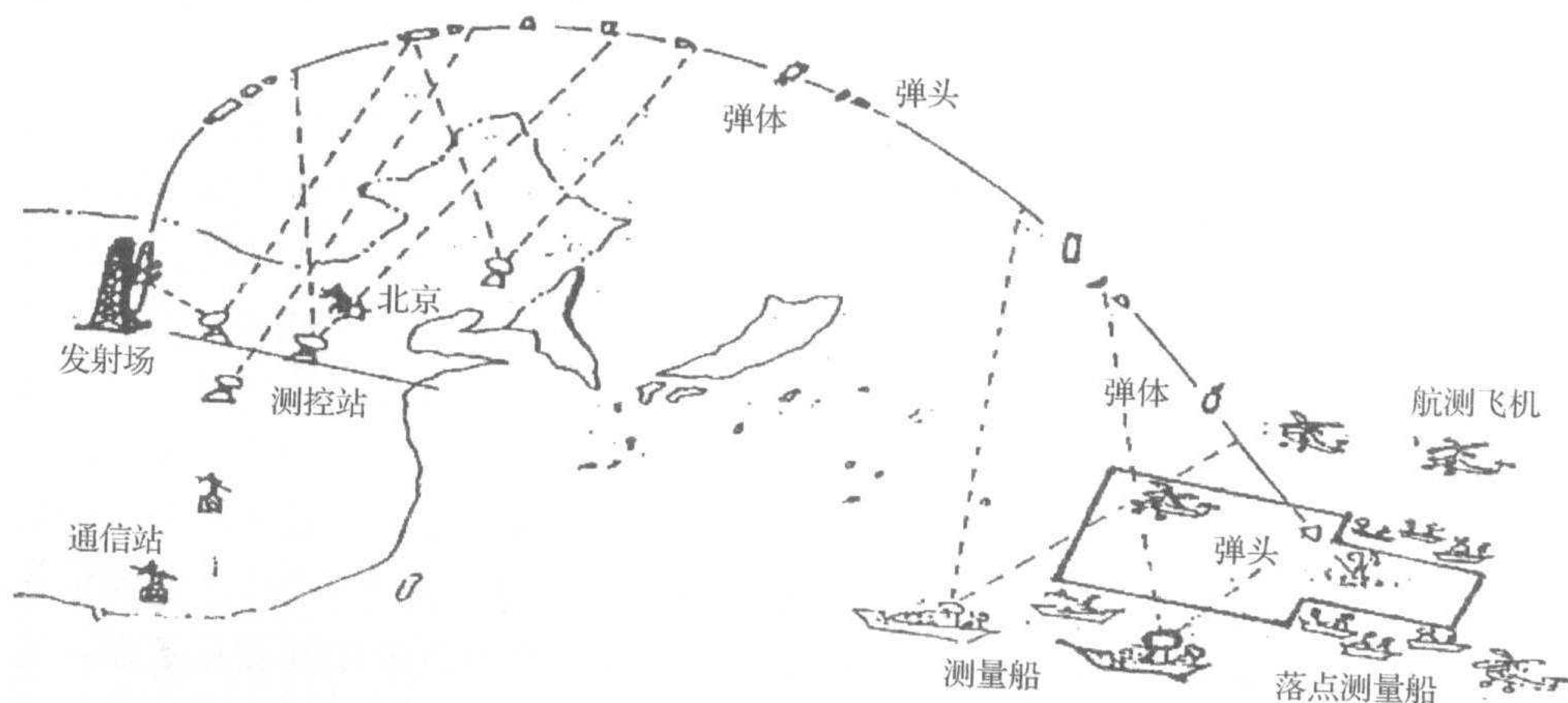


图 8-2-3　我国太平洋火箭试验区与测控系统布置图

2）国外的做法

对于远程、洲际导弹的试验考核与鉴定，美苏都立足于在公海上进行全程试验。太平洋、大西洋几乎可以说是美国人的“内湖”，试验区的选择与划定自然没有什么约束；苏联在进行首次太平洋导弹试验时，采取先斩后奏的办法，事先没有宣布，准备好了就打。以后苏联各批次太平洋导弹试验海上试验区如表 8-2-1所示。

表 8-2-1　苏联太平洋火箭试验各批次的海上禁区

批次	通告时间	结束时间	型号	射程/km	发数	范围大小/km	说明
0			东方号火箭	12500	1～2		1959 年发射，射前未公告
1	60.1.8	60.2.2	东方号火箭	12500	2	500*300	苏联首次公开导弹试验，弹头落入试验区
2	60.6.29	60.7.8	新型多级火箭	13000	2	320*190	美国人两架巡逻机跟踪了试验，未看清弹头再入时是否损坏
3	61.9.11	61.10.30	改进型多级火箭	大于12000	8	290*320	10 月 7 日发射的火箭装有新型制导系统，可能是当时赫鲁晓夫吹嘘的“环球火箭”
4	62.10.16	62.10.18	新方案多级火箭	大于12000	2 以上	210*210 600*300	首次使用两个试验区
5	63.5.12	63.7.11	改进型多级火箭	大于12000	4 以上	320*260	
6	63.11.29	64.1.24	改进型多级火箭		1 以上	330*310	
7	64.8.1	64.12.30	新型多级火箭		1 以上	R120	首次使用圆形试验禁区
8	65.1.10	65.2.2	新型多级火箭	13000	1 以上	R120	
…	……	……	……	……	……	……	……
31		75.6.7	SS-18	9200	2	R240	美国范登堡号测量船跟踪侦察，弹片落在范登堡号测量船上
…	……	……	……	……	……	……	……
37	77.12		潜地导弹	7400	4 以上	～R90	从白海的潜艇上发射的潜地导弹

当时我国还不具备在公海上进行全程试验的条件，按照当时的研制计划，到 1979 年底，我们可以进行 6～8 发国内特殊弹道的短程飞行试验，如何通过 6～8 发短程特殊弹道飞行试验，确定我国首批太平洋导弹的试验区？既要保障试验船队的安全，又不伤及试验禁区外的航空器和船只，还要确保试验区与禁区的划定比美苏初期试验水平高，对我国科技人员提出了挑战。

3）还原论方法的困惑

导弹射击总误差包括制导误差和非制导误差两部分。对于我国当时的洲际导

弹来讲，非制导误差所占比重很小，主要矛盾是搞清楚制导误差。制导误差中的方法误差所占比重也很小，因此，主要矛盾是搞清楚导弹的制导工具误差。

制导工具误差包括两部分：制导系统测速（加速表）误差与基准（陀螺）误差。如图 8-2-4 所示。

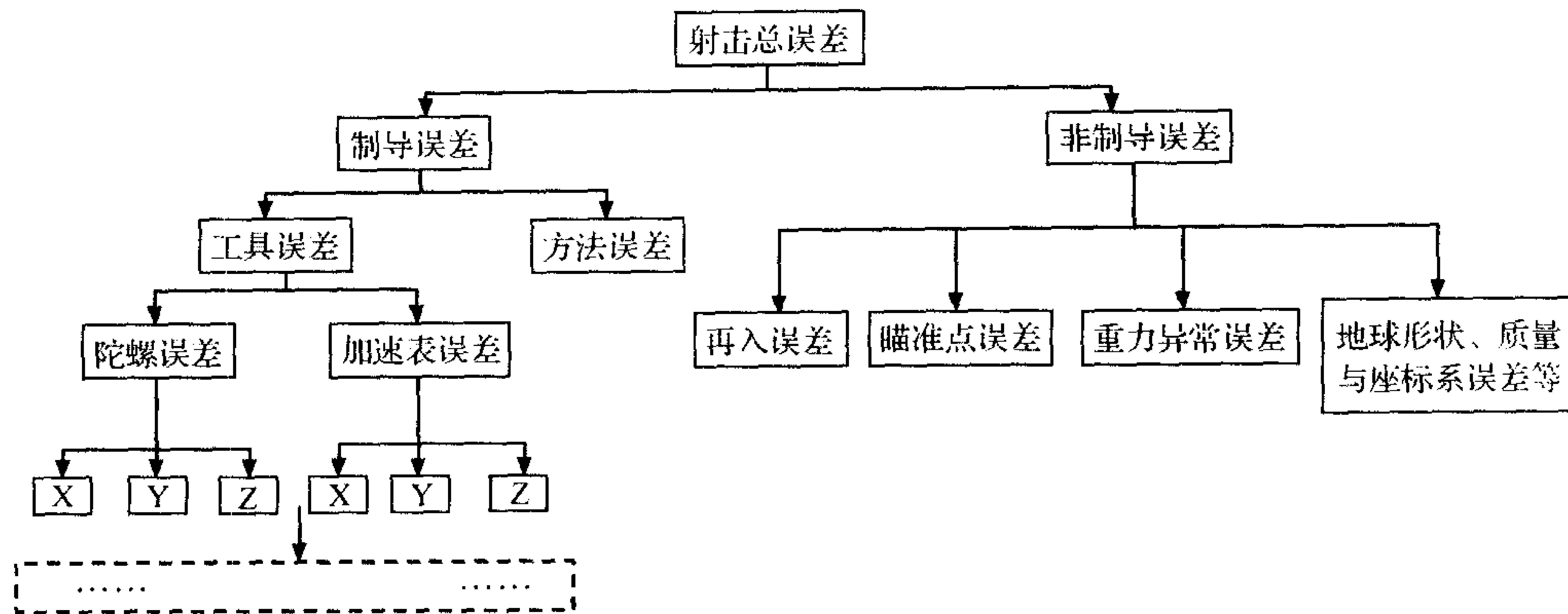


图 8-2-4　导弹射击总误差分解图

制导误差可以通过导弹飞行试验遥测、外测数据进行数学处理获取，即

$$\Delta W = W_{YC} - W_{WC}$$

其中，W_{YC}是导弹飞行的遥测数据；W_{WC}是导弹飞行的外测数据。

略去遥测的系统误差，外测的系统误差事先扣除或作为误差项进行分离，可以得到

$$\Delta W = \Delta W_{测速} + \Delta W_{基准} + \eta = \Delta W_{工具} + \eta$$

其中，η是遥测、外测系统的剩余随机误差。

从理论上得到上述结果并不难，但是实际上解决这一问题，遇到了难以克服的难题：

①由于我国测量系统研制滞后，当时的测量系统获得的测量数据的可靠性与精度都难以满足精度分析的要求。

②导弹制导误差分析方法有待试验验证，虽然当时提出了诸如贝叶斯法、岭估值法、超椭球法、主成分法、改进主成分法和特征根估计法等精度分析方法，但是分析方法的可靠性仍然不能令人满意，特别是难以得到试验的可靠验证。

③即使到全程飞行试验之前，我们默认所有飞行试验的测量数据都能满足精度分析的要求，最多也只能获得 6～8 发特殊弹道数据，供精度分析用的信息仍然是有限的。

因此，我们当时采用“还原论方法”指导下的精度分析方法解决这一工程问题时，现代科学方法遇到了难以克服的困难。

4）从定性判断到定量综合分析决策

对于开发性科研工程，特别是前无古人的开发性科研工程，我们常常遇到研究对象原始信息十分不足的难题，采用还原论指导下的“简单性科学”方法常常遇到难以克服的困难。在客观条件的逼迫下，我们不得已采取了扩大研究对象原始信息源的办法，把客观世界存在的所有相关信息都作为原始信息，在广泛收集、分析相关信息的基础上，走一条从定性判断到定量综合决策的道路。

首先，收集我国所有弹道导弹型号正常武器弹道飞行试验的实测数据，进行统计分析，得出东风型号导弹横向射击误差很小，而且多远弹的统计规律。考虑到我国东风型号导弹控制系统研制的继承性和设计方法的一致性，对我国洲际导弹命中精度的理论设计做出了基本可信的定性估计，对洲际导弹的弹头试验区做出了定性判断。然后，通过理论计算与统计分析确定了导弹弹头与弹体落点的中心点距离 $L_{头体中心距}$，并且通过对洲际导弹国内特殊弹道试验区的实际勘测，初步确定了我国洲际导弹的弹体残骸散布区。如图 8-2-5 所示。

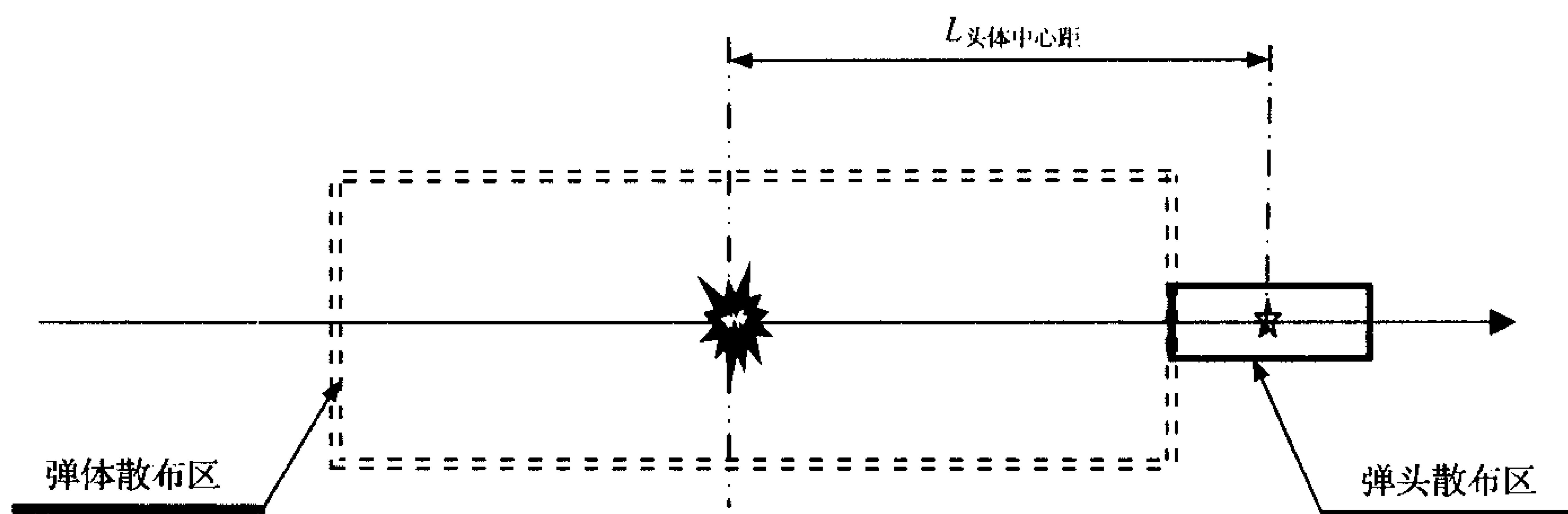


图 8-2-5　导弹头体散布区示意图

在此基础上，进行综合集成，形成我国首批洲际导弹全程试验的弹着点试验区与试验禁区的决策支持意见，给出了半径为 65～70 海里的试验禁区，被领导采纳，并付诸实施。

四、与时俱进，不断创新，开拓社会系统工程，拓展系统科学，推进科学发展观

早在 1977 年，国家正在着手筹备召开全国科学大会之际，国防科委办公厅王勉主任就向国防科技信息中心传达了钱老等著名科学家积极推动发展系统工程的主张，并提议把发展系统工程纳入国家科技发展纲要之中。按照钱老的指示，在其秘书王寿云同志的具体帮助下，柴本良与陈宝庭、王芝仙等同志组织编辑了一批国外有关系统工程发展概况的资料，并于 1978 年底，出版了不定期的内部刊物——《系统工程与科学管理》。钱老十分重视刊物的编辑工作，亲自过问组稿、审稿等全过程。这是国内第一份专题刊载系统工程研究与实践的刊物，一经

出版，立刻引起国内各方面的热烈反响。同时，钱老明确指出：系统工程与以计算机为核心的信息技术相结合，不仅能够应用于工程领域，在经济、军事、生态、环保等领域也有广泛的推广应用前景。这种跨部门、跨行业、跨学科的推广应用，必须运用社会系统工程的理论和方法，通过综合集成、协调发展的总体思路促进社会的和谐发展。钱老充分认识到社会系统工程的活力孕育在这种跨部门、跨行业、跨学科的交叉与协调发展之中。为此，钱老与许国志、宋健等同志多次研究讨论，十分关心系统工程在各行各业的统筹规划、协调发展问题，并且针对我国各行各业普遍存在的垂直领导、部门条块分割的不利环境因素，探讨与社会系统工程内在的系统性、综合性、和谐性等固有特性存在的矛盾和解决的对策，并且摸索出了一套现实可行的应对措施，在全国范围内进行推广，在多个领域取得明显的成效：

第一，1978 年钱老、许国志与王寿云同志在文汇报联合发表了《组织管理的技术——系统工程》；1979 年，钱老、王寿云与柴本良共同撰写了《军事系统工程》……，1982 年，他对国内外系统工程理论的现状进行了梳理和总结，澄清了学术界认识的混乱，形成独特的理论观点，出版了《论系统工程》一书，形成了具有中国特色的系统工程理论体系。在此期间，钱老还在北京、成都、昆明、长沙等地举行了一系列系统工程讲座，运用社会媒体广泛开展系统工程的宣传工作，在全国范围内掀起了普及与推广系统工程的热潮。

第二，1979 年 10 月 11 日，在钱老的推动下，我国第一个全国性的系统工程学术讨论会在北京召开，钱老亲自主持会议，并在开幕式上做了《大力开展系统工程，尽早建立系统工程的科学体系》的报告……。在钱老和国内众多知名科学家的大力推动下，1980 年 11 月 18 日中国系统工程学会获准正式成立。钱老进一步通过系统工程学会，组织、发动和协调全国各地、各部门的学术交流和系统工程的推广应用工作，取得明显的成效。

第三，1986 年，面对越来越复杂的现代科学技术和现代经济社会的迅猛发展，钱学森站在振兴国家科技发展与社会主义现代化建设事业全局的高度，在更加广阔的范围高屋建瓴地考察国际系统科学研究的发展态势，不失时机地亲自带领我国一批相关学术领域的中青年科学家和各学术领域的高层次学者组成了“系统学讨论班”，开展了持续长达六年之久的系统学前沿探索，明确地提出了创建系统学，落实科学发展观的任务。并从创建系统学走向复杂性科学研究，采用系统科学的观点和方法研究复杂性，结合中国的实际，寻求解决中国社会主义现代化建设的理论与方法。

近 20 多年来，钱老怀着情深切切的赤子之情，不顾八九十岁高龄，以其在科学技术领域中的崇高威望、扎实的马克思主义哲学功底、深厚的现代科学技术和中华传统文化的底蕴，向系统科学、思维科学、人体科学等前沿科学领域发起

了跨世纪之战，取得了丰硕的成果，提出了现代科学技术体系结构；社会主义建设体系结构[22]；系统科学的核心概念——开放的复杂巨系统；“复杂性”是开放的复杂巨系统的动力学特性，“凡现在不能用还原论处理的或不宜用还原论方法处理的问题，而要用或宜用新的科学方法处理的问题，都是复杂性问题”的具有深刻内涵、可操作的“复杂性”定义；目前唯一能够有效处理复杂巨系统问题的一种方法论——从定性到定量综合集成方法，探寻了一种进行复杂性问题研究与推进我国社会主义现代化建设事业科学决策现实可行的组织形式与运行机制——从定性到定量综合集成研讨厅体系和总体设计部体系，并且正在推进现代科学技术与马克思哲学、唯物辩证法与中国传统文化相结合的大成智慧学……，建立了结构完整的系统科学的理论框架。钱学森提出的“现代科学技术体系”、“开放的复杂巨系统”、“从定性到定量综合集成方法”、“总体设计部体系”和“大成智慧工程与大成智慧学”等一系列科学思想和科学方法论，是在马克思主义哲学的指导下进行的，是钱老探索与研究系统科学及整个现代科学技术体系在理论上的升华，是马克思主义哲学与现代科学技术、中国传统文化相结合，在现代交叉科学前沿领域综合集成的开创性成果，是解读和落实科学发展观“智慧的钥匙”，是钱老晚年在科学—哲学理论上的重大贡献。随着科学技术与现代社会的复杂化发展，系统科学将越来越显现出其强大的生命力和重大的科学价值，系统科学的理论、方法将成为推进我国社会主义现代化建设事业全面、协调、可持续发展的强大理论武器，成为全人类的宝贵财富。

五、结束语

20 世纪 80 年代初，在钱老指导王寿云同志进行作战模拟研究的过程中，就明确地提出了“把科学理论、经验知识和专家的判断力相结合，通过半理论、半经验的方法处理复杂系统的决策问题”的总体思路。在创建“系统学”的过程中，提出了研究开放的复杂巨系统的方法论——“从定性到定量综合集成法”，又称为“综合集成技术”或“综合集成工程”，把人的思维、思维的成果、人的经验、知识、智慧以及各种情报、资料和信息系统集成起来，用结构化的方法逐步逼近非结构化的复杂系统决策问题，从多方面的定性认识逐步上升到能够实施决策的定量认识。1992 年以来，钱学森院士进一步提出“从定性到定量综合集成研讨厅体系”的复杂系统决策运行机制的构想，开创了以人为主，人机结合、人网结合的新途径。如果我们在社会发展和装备建设发展战略、规划和计划研究与制定的过程中，运用这套理论和方法，建立一种社会发展和装备建设发展的新机制，将为我们在科学发展观的指导下，使我国经济社会发展和军事装备建设增添新的活力。钱老的研究与实践把我们又带进了系统科学与复杂性科学探索、研究的大门，指引我们向世界科学技术发展的前沿继续奋进。

参考文献

弗雷蒙·E·卡斯特，詹姆士·E·罗森茨威格，等. 科学、技术与管理. 柴本良，华棣，李盛昌，等译. 北京：国防工业出版社，1979.
哈罗德·兰德. 运筹学的起源//国防科委情报研究所. 系统工程与科学管理专集，1978，(1).
胡士弘. 钱学森. 北京：中国青年出版社，1997.
马克思，恩格斯. 马克思、恩格斯选集（4卷）. 北京：人民出版社，1995.
苗东升. 钱学森复杂性研究述评. 西安交通大学学报，2004：24～70.
祁淑英，魏根发. 钱学森. 石家庄：花山文艺出版社，1998.
钱学敏. 钱学森关于复杂系统与大成智慧的理论. 西安交通大学学报，2004.
钱学森. 工程控制论. 戴汝为，何善榕，译. 北京：科学出版社，1958.
钱学森. 创建系统学. 太原：山西科学技术出版社，2001.
钱学森. 再谈开放的复杂巨系统//钱学森. 创建系统学. 太原：山西科学技术出版社，2001.
钱学森，等. 论系统工程. 长沙：湖南科学技术出版社，1982.
钱学森，王寿云，柴本良. 军事系统工程//国防科委情报资料研究所. 系统工程与科学管理专集 1979，(3).
钱学森，许国志、王寿云. 组织管理的技术——系统工程. 文汇报，1978，(1).
王寿云，于景元，戴汝为. 开放的复杂巨系统. 杭州：浙江科技出版社，1996.
王文华. 钱学森实录. 成都：四川文艺出版社，2001.
谢光. 当代中国的国防科技事业. 北京：中国社会科学出版社，1992.
张钧. 当代中国的航天事业. 北京：中国社会科学出版社，1986.
赵少奎. 苏联在太平洋上的火箭与导弹试验//国防科委情报研究所. 靶场与试验技术，1979.
赵少奎. 十年前的太平洋火箭试验. 航天杂志，1990，(2).
赵少奎. 试验系统工程初探//航空高技术与系统工程文集. 北京：航空工业出版社，1994.
赵少奎. 飞向太平洋的洲际火箭. 航天杂志（增刊），1999.
赵少奎. 钱学森与航天系统工程//钱学森科学贡献暨学术思想研讨会文集. 北京：中国科学技术出版社，2001.
赵少奎. 现代化建设理论与决策管理机制的创新. 中国工程科学，2002，8.
赵少奎. 工程系统开发复杂性的讨论. 中国工程科学，2004，(2).
赵少奎，李世辉. 从源头上保护原始性创新. 中国工程科学，2003，(11).
赵少奎，杨永太. 工程系统工程导论. 北京：国防工业出版社，2000.
郑哲敏. 钱学森手稿. 太原：山西教育出版社，2000.

第三节　钱学森对作战模拟工作的指导*

由于工作的关系，从50多年前首次见到钱学森，到之后多次得到耳提面命，深受教诲。很多往事，历历在目，其中之一，就是作战模拟。感谢钱学森的教诲，使我的工作从射击指挥仪系统发展到综合集成研讨厅，用于作战模拟。因为

* 本节作者柳克俊，中国系统工程学会信息系统工程专业委员会主任委员，教授。

我从 1956 年就从事射击指挥仪系统工作，又研发军用电子计算机等，随着事业的发展，就扩展到作战模拟。尤其是信息技术的飞速发展，使建立在数学模型和计算机实验基础上的初步作战模拟有了可能。钱老及时指出：战术模拟技术实质上提供了一个“作战实验室”，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以产生新的作战思想。战术模拟技术，把系统工程的模型，模拟和最优决策方法引入到军事领域。这就如同对自然实际过程的观察资料需要以科学实验资料来补充一样，作战过程的观察资料也需要以作战实验资料来补充。在模拟的可控制的作战条件下，进行作战实验，能够对有关兵力与武器装备事业之间的复杂关系获得数量上的深刻了解，作战实验是军事科学研究方法划时代的革新。钱老的教诲使我们的信心倍增，大受鼓舞。钱老还为我们创造进行作战模拟的条件，使作战模拟工作加速向前发展。但由于影响战斗过程的多种因素不易捉摸，目前还没有严格的证实作战过程的数学模型的方法，而是认为与经验观察数据有更大相关的模型更能反映战斗的现实，于是用“从计算机实验学习战争”去补充“从战争学习战争”，实现作战模拟技术与军事艺术的结合，以取得更好的效果。

初期时对抗模拟的进行，主要是在人与人之间进行，计算机和通信等设备只起传递信息，记录过程和结果的作用。随着建模和仿真技术、计算机网络技术和数据库技术、灵境技术等的发展，就可能模拟一个对抗的环境，以作为人的思维、推理或感觉的延伸，使对抗中的人可实时地获得信息，能及时获得现场感，从而能更真实地反映人的感情和心理因素在决策形成中的作用。同时还可以包含许多其他因素，这就形成了很复杂的系统。

1989 年钱学森就应时提出了研究开放的复杂巨系统的方法论，即从定性到定量综合集成方法。它的实质是定性研究和定量研究的有机结合。我们把它用到作战模拟中，就根据定量化资料（如武器装备的性能指标等），结合经过定量化处理的资料（如气候因素等）建立起含有许多参数的模型，经过系统模拟，计算与实验，得到关于分析对象的定量化数据，同时，也尽量运用知识工程，专家系统等人工智能技术和信息技术，实现以人为主，人机结合的对知识的融合，包括科学理论知识、经验知识、定性知识、定量知识和理性化及感性化知识，通过人与人、人与计算机模拟系统、模拟系统之间的交互，反复对比，不断修正，逐步逼近，从而对最初的经验性假设进行评估，或引导出新的假设。最终得到的结论既包含定量方面（如出海的舰艇数等），也包含定性方面（如决心等）。这样在一个方面的认识的积累，常会发生从量变到质变，达到更高一层的综合集成，形成又一次认识上的飞跃。该方法的核心主要是专家体系，历史的统计数据和信息资料，与计算机模拟技术三者的有机融合，形成一个以人为主高度智能化的人机结

合系统，具有综合集成各种知识，实现定性分析和定量分析的功能，钱老称之为“大成智慧工程”。其主要特点是：在全过程中，努力实现定性研究和定量研究的有机结合，从对事物的多方面定性认识，上升到定量认识，从多方面的定量分析得出定性的结论；尽量把不同层次的（科学理论的和经验的）知识，不同学科多个领域的知识结合起来，进行综合集成，以得到全面正确的判断；把复杂巨系统划分为层次结构，按照从上而下，进行综合集成，把微观研究和宏观研究结合，统一起来；主体是专家研讨，使各学科专业，各领域的专家进行群体方式工作等。显然，它需要有相应的信息技术设备和信息资料等进行保障。

1992 年钱老从系统学出发，汇集了从定性到定量的综合集成方法，讨论了对抗模拟的经验，结合计算机技术、情报信息技术、人工智能、多媒体技术和灵境技术等，利用计算机作战模拟技术的成果，提出了“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”。它是由知识体系、专家体系和以计算机网络技术为核心的机器体系三部分组成，不仅具有知识聚集、存储、传递、调用、分析和综合功能，还有产生新知识的功能，可以用来解决复杂系统的理论和实践问题。此后，我们就一直把“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”用来发展作战模拟，并已取得了显著成效。回顾过去，备感亲切，再次感谢钱老，我们一定会继续努力工作，不辜负祖国人民对我们的期望。

第四节　钱学森的系统思想与战争设计工程*

一、对钱学森系统思想的体会

我们以无比敬仰的心情送走了一代学界泰斗钱学森先生，我们将继续沿着钱老开辟的方向，矢志完成其未竟的事业。

我国航天事业的骄人成功，足以告慰作为航天之父的钱学森先生，以至从 1980 年前后，钱老可以放心地将主要精力放到新学科领域的开拓上，致力于国家建设和管理中极为迫切、且极其复杂的问题。

系统工程是钱老引进我国的。对于我国当时的许多决策管理问题，钱老认为应该用系统工程的理论与方法作为指导。在建设系统工程学科中钱老身体力行，到处宣传、介绍、讲课、培养人才、组织研讨班、参加研究、撰写论文。按照系统工程的观点，系统不是其各组成部分的简单拼凑，系统成员以其结构、功能……的有机结合形成了系统，系统的作用可以实现“1＋1＞2”的效果。系统与其存在的环境是密不可分的，系统与环境间存在物质、能量、信息的交换。钱

* 本节作者沙基昌，国防科技大学管理学院原院长，教授，军事运筹学会理事长。

老从系统结构的研究出发提出了大系统、巨系统、复杂巨系统等概念。在复杂巨系统中结构、功能是有层次的，复杂巨系统是系统的系统，人的因素往往在复杂巨系统中起关键性的作用。

在推进系统工程学科的建设中，钱老充分体现了作为一个科学家，一个科学大家的气质。系统工程的研究对象已经从自然界，即传统的自然科学的研究对象，转移到有人参与的社会与自然有机结合的系统与环境，由于人的参与使问题变得极其复杂，从而还原论的方法已经不够用了。钱老将还原论、整体论等各种方法论有机结合，提出了系统论的方法论。这是科学思想的伟大创举，指出了当我们的研究对象与研究问题转化时，不能再固守自然科学与社会科学之间的壁垒。在展现其科学大家气质的同时，钱老又是一个非常务实的人。他不是将所有研究停留在哲学或纯学术意义上，他希望所有的研究能用于国家的重大决策。因此，研究复杂问题不能从复杂到复杂，而应找到解决问题的方法。为此钱老提出了“从定性到定量综合集成研讨厅”以解决复杂巨系统问题。钱老的这一思想在国际上是首创，是建立在对复杂巨系统问题精辟洞察基础上的，有深刻的内涵和难度。至今我国仍有许多学者在努力理解钱老的这一思想，研究相应的理论、方法、技术，并在努力实践。

在钱老的战友及其追随者许国志先生、汪浩教授、王寿云先生等的指引和带领下我有幸较早接触到钱老的系统思想，并参与到系统工程的研究行列。从1979～1999年的20年间，主要从事有关军事系统工程方面的实践性工作，可以说对钱老思想的精髓尚缺体会，近十年来才悟到了一些真谛，提出了战争设计工程。今天奉献出来，作为我对一代大师钱学森先生的缅怀。

二、战争设计工程

研究军事和战争问题必定面临复杂性。对于军事和战争问题的复杂性似乎并无异议，但是对于军事和战争问题复杂性的特征，以及如何解决和利用其复杂性的问题都是需要艰苦努力和智慧的。

历史是不会重演的，战争更不会重复。因此，研究军事和战争问题不能局限于还原论的方法，必须采用整体论和还原论相结合的系统方法论。这就是军事和战争问题复杂性的第一个特征。从这个特征出发，每一场战争都是“新”的。为了夺取未来可能发生战争的胜利，研究历史上曾经发生过的所有战争都是不够的。用统计学、外推等方法也都是不够的，需要创新，需要创新智慧。

军事和战争问题复杂性的第二个特征是“人因”性。几乎所有的复杂性现象在军事和战争问题中都可以找到。混沌、突变、耗散结构、非线性、涌现……全部都存在，环境的不确定性，诸多因素的组合爆炸，……举不胜举。这些理论方法在多大程度上能解决军事和战争复杂性问题？似乎并不明朗，似乎与研究军事

和战争问题实用的方法毫不相干。说明这些理论方法没有（或还没有）与造成军事、战争问题复杂性的机理结合起来。战争是国家（政治集团）间你死我活的对抗性矛盾的最高形式，各个国家（政治集团）均会尽自己的一切努力去寻求赢得战争的胜利。这是造成军事和战争复杂性的根本动因。这就是人的因素。单是人的因素就可以导致军事和战争问题的一切复杂性。所以研究军事和战争复杂问题一定要从分析“人”对战争的干预出发，就要分析“人”会如何干预战争，人对战争的干预会产生什么影响。这里的“人”特别要包括敌我双方。

军事和战争问题复杂性的第三个特征就是装备与战法的结合。“人”对战争的干预可粗分为二大类，就是装备与战法。装备与战法相互依存的关系是显然的，因此装备与战法的研究相脱节是不合情理的。装备与战法的结合研究中还要考虑对抗敌方装备与战法结合的效果。

从军事和战争复杂问题的这些特征出发来研究就是战争设计工程的基本思路。

为了分析军事和战争问题的矛盾特征，必须采用定性与定量分析相结合，各领域专家智慧有机集成等方法。

定性分析与定量分析的结合包括两者的分工，以及定性分析作为定量分析的基础，定量分析作为定性分析的支撑关系等。

专家智慧的有机集成不是意见的集成，也不是各抒己见就了事，而是在对同一问题专家意见充分表述的基础上寻求意见分歧，剖析分歧、找到分歧产生的根源，对这根源进行判别，以寻求达成共识。必要时可以运用定量分析等工具进行支撑，达不成共识的也至少可以明白分歧的根源所在。通过这种方式产生思想碰撞的火花。专家智慧的有机集成本质上是一种创新过程，要通过集成实现个别专家所达不到的智慧，产生“1＋1＞2”的效果。创新干预策略正是赢得战争的根本。

按照这种想法，研究的结果形成一种“战争设计”。其中包括对我方武器装备建设与战法相结合的设计，对敌方可能（最大可能，即对其最有利或对我最不利）的装备与战法的设计，以及在这种设计条件下战争的演变规律等各个方面。

战争设计本身也是很复杂的，我们要服务于军事和国防建设的需要，因此不能像学术研究那样无休止地进行，要将其作为一种“工程”来实施。“工程”与学术研究之间区别的最大特点之一在于工程有始有终，必须在有限资源条件下完成。

将战争设计工程化的关键问题在于理解军事与战争问题复杂性的特征，掌握战争设计的流程，这就需要战争设计系统工程师。战争设计系统工程师的作用与战争设计中军事工程师、装备工程师、模型工程师、技术工程师等不同，其所需要具备的知识、素质也不同，是战争设计工程的组织者和领军人物。《战争设计

工程》这本书实际上就是为战争设计系统工程师写的。

三、复杂性概念辨析

复杂性理论是钱老系统思想的一部分，也是战争设计工程的理论基础。为了将战争设计作为一项工程来完成，就必须从复杂到简单，而不是追求复杂。复杂与简单这个矛盾促使我们对复杂性本质进行深入探索，从而不可避免地会涉及一些哲学概念。

1. 复杂性是针对问题的

对于一个物质系统，总可以从新的完全不同的关注视角进行研究。从而同一物质系统可以有完全不同的表现。在这个意义上，对任何一个物质系统的研究都是无止境的，对其认识都只具有相对真理性。从而任何物质系统都是无限复杂的。

为了"完成"研究，在明确研究对象系统的同时，还必须明确关注的角度、目标、环境等一系列要素，我们统称为"问题"。于是，与其说"系统复杂性"，不如说"问题复杂性"。

2. 复杂性概念

同一个问题解决的方法不同，解决的满意度与消耗的资源也不同。因此，复杂性要从"方法的复杂性"开始定义。

定义 1　复杂性是解决特定系统特定问题的特定方法的难易程度。

定义 2　特定系统特定问题的复杂性通常指解决该问题的已知方法中难易程度最低方法的复杂性。

定义 3　系统的复杂性通常指在特定领域公认的问题的复杂性。

定义 4　复杂系统通常指在特定领域关注的特定问题的复杂性很高。

定义 1 中特定方法的难易程度常可用这种特定方法解决该问题时需要消耗的人力、物力、财力、时间等资源衡量。

定义 5　当存在运用有限资源可得到问题满意解决的方法时，该方法和问题称为有限复杂的，或简单的。需要消耗的资源数量称为该方法的复杂度。对于不存在或未找到有限资源的解决方法时，该问题就称为无限复杂的。

对于两个有限复杂的问题，有时还可比较其需要的资源数量，即复杂度是可以比较的。

3. 物质系统和观念系统

当从"系统"转化为问题时，对象系统的丰富的多面性失去了，被关注的角

度等限制了，在问题所关注之外的对象系统的一切特性已经不重要了。这样的系统已不再是物质系统。当然这种抽象一般不是一次完成的，我们称这种概念化了的系统为观念系统。

实际上人们对同一个问题交流，主要是通过语言、文字形式进行的，而用语言文字表述出来的对象系统已经失去了其无限丰富的特征，已经是观念系统了。我们所有的研究实际上都是在观念系统的世界中进行的。只不过我们每个人的观念系统都会有差别，从而对特定问题的理解可能不一样，这是造成问题复杂性的重要因素。解决复杂问题的第一个关键就是在众人的观念世界中对问题（包括涉及的对象系统）达成共识，且这种共识符合提出问题的初衷。

4. 绝对真理与相对真理

我们选择用“物质系统”与“观念系统”，“物质世界”与“观念世界”，而不用“客观世界”与“主观世界”，是因为产生于观念世界的许多东西具有客观性，例如“布尔代数”。

绝对真理与相对真理。例如，牛顿力学与牛顿时空观。

所有绝对真理都是针对观念系统的，对于物质系统只存在相对真理。我们需要的是针对观念系统的绝对真理和针对物质系统的相对真理。

所有问题的研究与解决都是针对观念系统的，不可能，也不必要针对物质系统。重要的是就我们所研究问题的角度，观念系统与物质系统吻合得相当好，并且在观念系统中问题解决得相当好。

5. 降低复杂度

求解复杂问题的本质就是降低复杂度。

对于有限复杂问题，即已知具有有限资源条件下可以解决的方法，努力寻找新的方法以降低复杂度，这类研究已经很多。

最具挑战性的是对于无限复杂问题，即尚未发现在有限资源条件下可以解决的方法，寻求有限资源条件下的解决方法，也就是将无限复杂问题转化为有限复杂问题。

寻找无限复杂问题转化为有限复杂问题时，首先和最重要的在于问题的辨析与转化，考察问题的提法是否明确，反思其提法是否符合初衷，是否可以有更好或更准确的表述。这往往是将无限复杂问题转化为有限复杂问题最基本、最重要的环节，也是保证问题的解最终忠实于所提出问题初衷的保障。

深入分析环境（含对象系统）的运行机理，从机理出发进行研究也是重要和基本的工作。有时还需要方法工具的突破，如作为数学家的牛顿创造的微积分理论方法，帮助了作为物理学家的牛顿完成了牛顿力学。

以上这些都需要定性分析与定量分析有机结合，专家智慧的有机集成，提供这种环境最好的就是综合集成研讨厅体系，战争设计工程就是在研讨厅中完成的。

第五节　钱学森与作战实验室*

21世纪以来，我军的作战实验室建设发展迅速，目前已经初具规模，各军兵种在不同层次上分别建起了以作战模拟为主要技术支撑的作战实验室，基本形成了三个相对稳定的研究与应用领域：一是武器装备论证及其发展规划研究；二是作战研究与论证评估；三是部队训练和院校教学。这些成绩在很大程度上得益于钱学森的倡导及其创建的系统学的研究成果。早在20世纪70年代末，钱学森在研究系统学问题的同时，就已敏锐地思考并最先提出了作战实验室的设想。他认为，应用计算机模拟技术建立作战实验室是“军事科研方法划时代的革新”。我军的作战实验室建设尽管起步较晚，但对于以作战模拟为主要技术的作战实验的研究工作可以追溯到20世纪的70年代末，当时钱学森极力倡导军队应尽早开展军事系统工程，特别是作战模拟的研究，为作战实验的起步打下了坚实的基础。特别是他在80年代创建的系统学提出的综合集成理论是“当代系统科学的最新发展和理论精华，是钱学森同志在总结长期工作实践和理论研究的基础上，吸收还原论和整体论等早期系统方法，逐步形成的。”① 其中的“从定性到定量综合集成方法”，为作战实验的研究工作提供了正确的技术途径，“从定性到定量综合集成研讨厅体系”更进一步的为作战实验室的建设指明了基本的体系结构。这些对于作战实验室的建设和作战实验技术的发展，具有十分重要的理论指导意义和实践价值。

一、作战实验与作战模拟

任何一门科学的发展都离不开科学实验，许多自然科学的新理论和新方法都可以通过实验室的实验进行研究和验证。许多社会科学的新理论、新方法也可以通过社会实践进行研究和实验，因此科学实验是推动科学发展的重要手段。在自然科学研究中，人们为了认识自然界的一些现象与规律，常采用实验（如物理实验、化学实验、生物实验、医学实验等）的方法，并为此建立了大量的实验室。在实验室里，营造出各种典型的实验条件，对某一理论和方法进行反复的实验，其中的实验条件是可控的，实验过程是可重复的。这就给我们一个启示，能否用

---

* 本节作者江敬灼，军事科学院军事运筹分析研究所研究员。

① 徐根初2006年9月20日在第262次香山科学会议上作的主题报告“关于军事决策科学化的思考”.

实验方法来认识军事系统的现象与规律呢？即作战能否实验，用什么方法实验，作战实验室又是什么样的呢？

我国著名科学家钱学森以其敏锐的洞察力看到了作战实验的应用前景，对此他有一段非常精辟的论述。1979 年他在“军事系统工程”① 一文中称作战模拟“实质上提供了一个‘作战实验室’，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以启发新的作战思想”，并称它是“军事科学研究划时代的革新”，“是一支现代化军队所必须掌握的”。在这里，钱学森首次提出了“作战实验室”的概念，不仅肯定了作战是可以实验的，而且认为作战模拟是实现作战实验的重要手段，并建议在军事科学院及各军兵种设立相关的研究机构。在他的倡导下，一些有远见的老一辈军事家积极实践，在 1979 年底率先在军事科学院组建了“作战运筹分析研究室”，开展作战模拟的研究与应用工作。

钱学森在这里把作战模拟作为研究军事系统工程的切入点，看成是军事科学实验的重要手段，这是非常正确的。因为大多数军事研究课题（特别是有关作战理论、战法和军队的编制等方面的课题），不论是与作战过程直接相关的，还是与作战过程不直接相关的，其结论正确与否都要经过作战实践进行检验。在战争年代里，我们是从战争中学习战争，许多战略战术都是从实践中总结出来，并在实践中进行检验的。在今天的和平时期，完全靠战争检验军事理论是不可能的，也是不可取的。现代军队的武器装备高度现代化，战争空前激烈，几天的作战就可能造成相当于过去一场战争所造成的损失，错误的军事理论可能使战争初期付出高昂的代价，甚至还来不及从战争中学习到战争就断送了自己。今天的武器装备又是高投入的，发展装备的盲目性会造成极大的浪费，这就要求我们在研制一种武器装备之前就要对它的作战效能及使用方法有个基本的估计。今后的作战又往往是多军兵种的联合作战，一个作战方案要考虑大量的复杂因素，要评估一个方案的优劣，预测其结果，仅仅依靠以往的经验进行定性分析已经远远不够了。在解决上述的问题中，作为作战实验的重要手段作战模拟可以发挥重要的作用。

根据钱学森的启示，我们进一步认识到，军事系统是一个复杂的巨系统，由于存在激烈的对抗性、高度的不确定性和变化的快速性，从而又是一类特殊的复杂巨系统。对于这样的系统，光靠抽象的思维分析难以理清其中的复杂关系，必须通过一定的手段将这些关系或系统的运行过程以形象直观的形式表现出来，才能对问题产生比较深刻和清晰的认识。作战实验提供了这样一种认识的重要手段。作战实验是指在作战实验室内对所研究的军事问题建立一个仿真的环境，并在仿真的环境中，建立虚拟的军事现实，通过对这个虚拟的军事现实观察所研究

① 钱学森同志 1979 年 7 月 24 日在中国人民解放军总部机关领导同志学习会上的讲演稿.

的军事问题，以使军事研究（或决策）人员通过定性和定量的综合分析，对研究对象有一个比较全面深刻的认识，为最后的决策提供依据或决策建议。因此，作战实验是军事科研和军事决策的一个重要手段。需要指出的是，作战实验的结果只是形成军事决策的参考或建议，而不是产生最后的军事决策。

在 20 世纪 80 年代，全军许多科研单位和院校都在积极推进作战模拟的研究与应用工作，钱学森对此项研究极为重视与支持。他指出“老经验不行，新经验又没有，而且战争一打响又不能靠当时现学，因为现学初战阶段损失太大，所以作战模拟在这样一种情况下有头等重要的意义。”①

二、从定性到定量综合集成方法

如何开展作战实验与作战模拟研究，特别是如何正确构建作战实验与作战模拟模型，这是困扰研究人员的难以逾越的障碍。长期以来，人们主要是通过定性分析、战例研究、图上或沙盘推演、实兵演习等方法进行军事科学的研究。这种研究大多是定性的，所考虑的影响分析结果的因素也很有限，分析结果主要依赖于研究者的经验判断，带有比较浓厚的主观经验色彩。特别是采用这些方法对未来战争、新的军事理论、新的或正在研制中的武器装备作战效能及使用方法等进行超前性研究就会遇到困难。这就要求引入比较客观的带有定量分析的科学方法，作战模拟提供了解决这个问题的有效途径。

应当看到，作战是一种极为复杂和残酷的对抗过程，它难以控制又不能再现，并始终具有相当的不确定性，充满着“战争迷雾”，这不会随着科学技术的进步完全消失。军事决策既是一门科学，也是一门艺术。作战实验不会也不可能像自然科学实验那样获得完全定量的结果，它是科学与艺术的结合。作战实验与作战模拟模型必然也是一种半经验半理论的模型，是定性与定量相结合的产物。

然而，在作战模拟研究的初始阶段，人们自然地把自然科学中的实验研究方法搬到作战模拟中，试图构建出纯数学的作战模拟模型，忽视了战争中的艺术成分，因此实验模型与实验结果受到军事专家的质疑。钱学森敏锐地看到了其中的问题，提出了解决此类问题的定性与定量相结合的研究方法，并进而归纳出了解决开放复杂巨系统的从定性到定量综合集成方法。从定性到定量综合集成方法，“就其实质而言，是将专家群体（各种有关的专家）、数据和各种信息与计算机技术有机结合起来，把各个学科的科学理论和人的经验知识结合起来。”并指出这种方法“实际上是把大量零星分散的定性认识、点滴的知识，甚至群众的意见，都汇集成一个整体结构，达到定量的认识，是从不完整的定性到比较完整的定

① 钱学森 1985 年 3 月 4 日在全军作战模拟经验交流会上作的学术报告“作战模拟是一门重要科学技术”.

量，是定性到定量的飞跃。当然一个方面的问题经过这种研究，有了大量积累，又会再一次上升到整个方面的定性认识，达到更高层次的认识，形成又一次认识的飞跃。”① 这是一种人机结合、以人为主的方法。

在这儿，钱学森不仅为我们指出了解决复杂巨系统的唯一正确的方法论，而且也指明了从定性到定量的基本途径。战争系统无疑是一个开放的复杂巨系统，从定性到定量综合集成方法自然成为作战实验的重要方法。从而为作战实验的开展指明了一条正确的方向。20 世纪 90 年代以来，我军的作战实验研究经过长时间的摸索和实践之后，形成了一个共识：从定性到定量综合集成方法是指导我军开展作战实验的唯一正确的理论。

根据从定性到定量综合集成方法，我们根据自己的实践提出了该方法在作战实验中应用的基本步骤，即首先将军事理论、经验知识和专家判断力相结合，通过研讨并以定性分析为主的方式提出经验性假设（判断、猜想或方案）。然后用模型、数据及资料对假设的合理性进行检测，此时以定量分析为主。最后根据检测结果，结合经验和知识进行综合分析，形成结论，并据此提出政策的建议和意见。如图 8-5-1 所示。

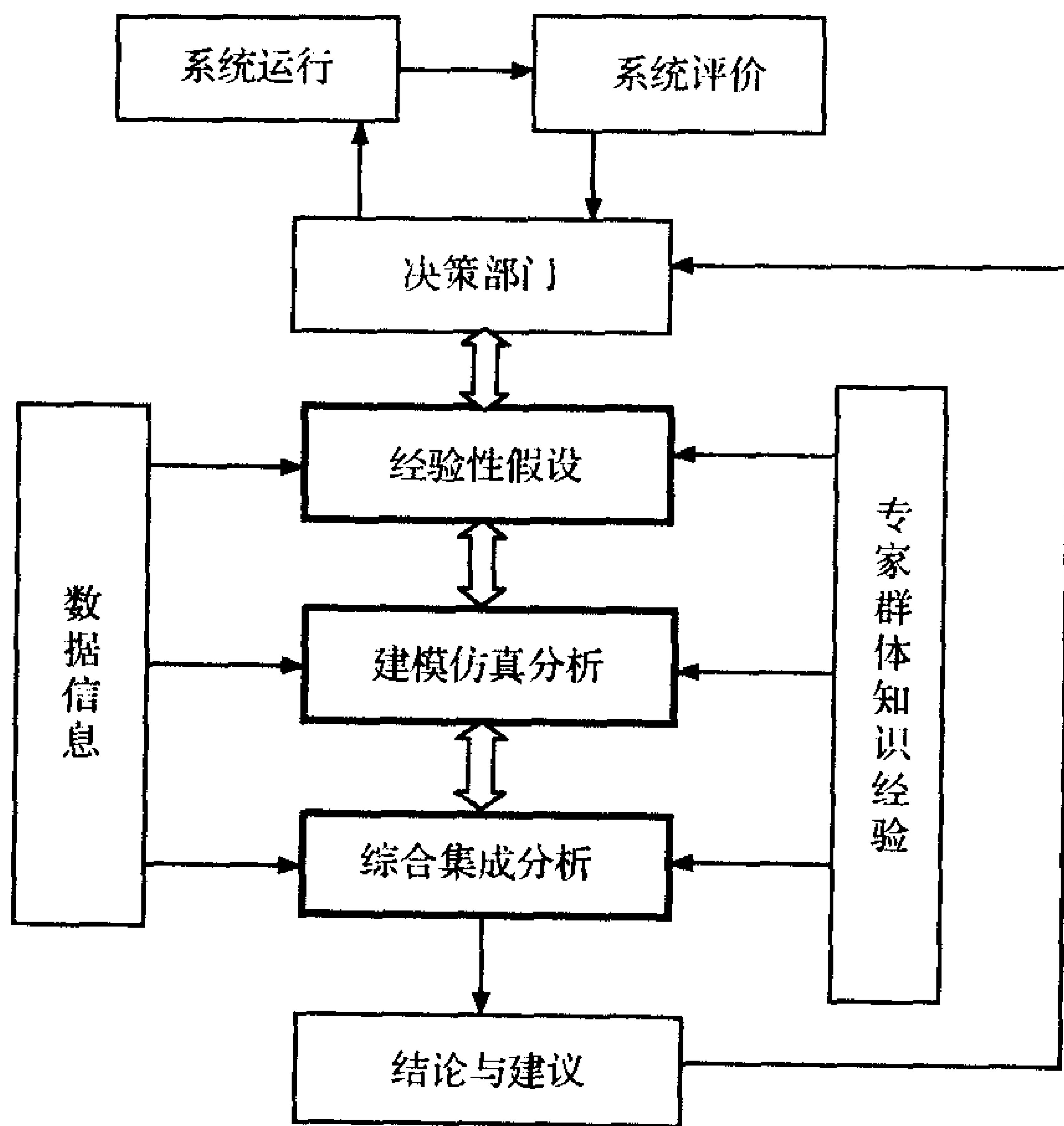


图 8-5-1　作战实验中综合集成方法的基本步骤

---

① 钱学森，于景元，戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志，1990，1.

实际上，我们所作的许多作战实验正是按照综合集成方法的思路进行设计的。其基本程序是从定性分析入手，提出经验性的假设或方案，通过模拟或推演实验，进行定性和定量相结合的分析，检验假设或方案的缺陷或预测方案实施后可能的结果，最后再结合专家的经验知识，进行更高层次的综合分析，形成实验结论。

三、从定性到定量综合集成研讨厅

既然作战实验方法与自然科学的实验方法存在巨大的差异，那么作战实验室与自然科学实验室也必然存在本质的区别。自然科学实验室已为我们大家所熟悉，然而作战实验室却是人们陌生的。

美军作战实验室的建设起步于海湾战争之后，其陆军于 1992 年 5 月率先启动了作战实验室的建设。1996 年后，美国海军和空军也相继建立了各自的作战实验室。1999 年春天，根据联合作战的需求，美军又组建了联合作战实验室，专门进行各军种联合作战的实验，形成了作战实验体系，为美军的“转型”提供了巨大的实验“基地”，加速了部队转型的步伐。应该指出，我军作战实验室与美军的作战实验室在目标、功能和结构上存在较大差异。我军作战实验研究基础又要比美军落后许多，采用的方法又是具有中国特色的“从定性到定量综合集成方法”，因此作战实验室必须采取不同于美军作战实验室的构建思路。

我军的作战实验室是为作战实验提供应用综合集成方法的环境、工具和手段，为军事决策和军事科研服务的室内实验室。构建这样的作战实验室应该遵照综合集成研讨厅的思路，充分吸取综合集成研讨厅的理论框架，为实现定性与定量结合、人机结合、模拟仿真与专家研讨结合创造和谐的环境。

在作战实验室建设方面，钱学森又为我们提供了先进的理论指导。他在提出从定性到定量综合集成方法之后不久，又于 1992 年初进一步提出了该方法的工程形式：“从定性到定量综合集成研讨厅体系”。他认为，这是把下列成功经验汇总了：

① 几十年来世界学术讨论的 Seminar。

② C^3I 及作战模拟。

③ 从定性到定量综合集成法。

④ 情报信息技术。

⑤“第五次产业革命”。

⑥ 人工智能。

⑦“灵境”。

⑧ 人机结合智能系统。

⑨ 系统学。

⑩ "……"①

该体系为作战实验室的体系结构勾勒出了基本轮廓。根据综合集成理论，在作战实验时必须能"将专家群体、各种数据和信息与计算机技术有机结合起来，把各个学科的科学理论和人的经验知识结合起来。"实现人机结合、以人为主。结合以上所列的成功经验，这就要求作战实验室应该能为作战实验提供三种重要的支持：一是提供信息支持，作战实验室应具有丰富的信息资源，这些信息包括情报信息和历史数据、前人的经验和知识等，并提供强大的信息查询、统计分析功能；二是提供模型支持，作战实验室应具有庞大的模型资源，这些资源包括基于各学科知识的模型、辅助建模平台等，可以满足多角度、多层次、多分辨率的仿真或解析计算等定量分析需求，并给军事人员提供直观形象的作战过程或战场态势；三是提供集体研讨支持，作战实验室应具备完善的支持集体研讨的环境，可以提供专家意见碰撞、研讨、综合等多种手段。军事研究人员在这里可以充分利用前人的理论、数据和信息，通过众多模型（特别是作战模拟模型）的模拟计算，结合自身知识与经验，对问题进行研究、分析、研讨或对抗推演，从而达到从定性到定量综合集成的效果。

根据这个思路，作战实验室的体系结构可以简化为一个由专家体系、机器体系、知识体系三者共同构成的虚拟工作空间。在研讨厅中专家体系的作用是通过专家群体的互相交流、研讨，使专家的群体智慧在解决复杂问题中起着主导作用；机器体系的作用是通过信息处理、分析、模拟计算等，辅助专家进行分析，在问题求解中也起着重要作用；知识体系的作用是提供前人的经验知识、领域知识和情报知识等，从而对专家体系知识起补充作用。可以说我军的大多数作战实验室均是基于这样的体系结构进行建设的。

为进一步发挥"从定性到定量综合集成研讨体系"理论在我军作战实验室建设中的理论指导作用，并交流经验。2005 年 9 月，由军事科学院发起，以"从定性到定量综合集成研讨体系理论与实践"为主题，召开了第 262 次香山科学会议。这次会议更把钱学森的综合集成理论在作战实验室建设中的应用推向了新的高度，更加明确提出了作战实验室建设的总体思路，有力地推动了我军作战实验室的健康发展。

第六节　战争工程与钱学森系统思想*

信息化战争是信息化社会必然产物，而信息化社会是工业化高度发达的必然

* 本节作者胡晓峰，国防大学信息作战与指挥训练教研部副主任，教授，博士生导师，少将。原文名为"战争工程初论"，发表于《中国军事科学》2007 年第 3 期，收入本书时作者对部分内容做了修改。

① 钱学森 1992 年 3 月 2 日给王寿云的信.

结果。在开始迈入信息化时代的今天，我们必须要注意信息时代给战争带来的新变化，充分利用工业化时代的发展成果，寻找适应信息时代特征的战争研究与管理的新途径，才能真正地逐步了解和把握未来的信息化战争。而战争工程（war engineering），可以说就是走向信息时代的战争方法学。

我国著名科学家钱学森早就提出了利用系统方法研究战争的观点①。他所提出的“核威慑条件下的信息化战争”的思想，提出的作战模拟和作战实验室的概念，以及后来提出的“从定性到定量的综合集成方法”已成为处理战争复杂系统的科学思想和方法论。战争工程思想就钱老根据军事系统工程思想发展而成的。

一、战争工程的基本概念和科学内涵

战争工程，就是以系统思想为指导，以信息技术为基础，以工程方法为手段，以战争管理为核心，以整体取胜为目标，对战争系统进行分析、设计、实验、控制及评估的系统工程方法。具体来说，就是将战争看成一个复杂适应系统，通过运用定义、分析、设计、试验、管控和评估过程的反复迭代，将战争需求转变为一组系统技术状态的描述，采用系统工程的方法对战争需求、战争理论、战争实验、战争过程进行统一的整体研究、设计和管理，实现现代战争理论、作战方法、信息技术与系统方法等所有知识的有效结合，实现信息集成和资源优化，实现对战争系统从战争准备、危机产生、战争升级到战争结束的全过程的管理，以提高在信息化战争中取胜的能力。

战争工程研究的对象是战争系统以及与战争相关的体系，例如武器装备体系、作战力量体系、国家战争体系等。体系是信息化战争系统的主要成分，是一种特殊的系统。体系内部组分系统是合作的，而体系之间却既可能合作（例如己方体系之间），也可能对抗（例如敌对双方体系之间）。由于体系内的各系统不可能同一时刻建成，因此体系及其效能也是动态的。如何确保体系在对抗中占优，就必须有相应方法加以组织和管理。这种以体系为对象的系统工程方法，实际上就是体系工程。战争工程实质上也就是战争系统工程或战争体系工程。

1. 以系统思想为指导

战争工程将“战争”看成是一个各组分相互作用的复杂适应系统（complex adaptive system，CAS）。复杂适应系统②属于非线性系统的范畴，是相对牛顿科学体系下的线性系统而言的。线性系统一般遵从还原论，系统可以分解和还原，系统过程可重复，因果关系明确、状态稳定并且可预测，从外部看系统是封闭

① 王寿云. 军事系统工程的理论与实践. 北京：国防工业出版社，1998.

② 约翰·H·霍兰. 隐秩序——适应性造就复杂性. 上海：上海科技教育出版社，2002.

的。也就是我们形象地称之为“1+1=2”的系统。大多数的武器系统、工程系统等都属于这一类系统。而非线性系统，形象地说来就是“1+1≠2”的系统，属于“新科学体系”。一般认为这些系统不可还原、过程不可重复、因果关系不明确、系统状态混沌，特别强调整体性，属于开放系统范畴①。由于系统的各部分及环境都具有不确定性的特点，而且需要不断地相互适应和改变状态，并形成系统新的整体性质，所以不确定性、适应性和层次涌现性（emergence）是其典型的特征。我们常见的社会系统、经济系统等都属于这一类系统。战争系统是典型的复杂适应系统。战争系统的组成、结构、行为、演变、状态等充满了复杂适应系统的特征，我们熟知的“战争的迷雾”、“战争中的偶然性”、“战争结果的不可重复性”等现象，都说明了战争的复杂性特点。研究战争的目的是为了把握战争的规律，而认识到战争的复杂性，才能正确地研究战争，将战争看成是复杂适应系统，并以系统思想为指导，就为从整体上对战争进行科学的研究奠定了理论基础。

2. 以信息技术为基础

信息技术的发展使得战争工程的实施具备了条件和可能。信息网络构建了信息社会的基本环境，网络化带来了战争形态的本质变革，使得战争系统的复杂性更高。但数字化也奠定了现代工程管理的基础，虚拟化成为沟通真实世界与数字世界的桥梁，使得我们也同时得到了信息时代送来的礼物。现代信息技术，包括信息网络技术、信息系统技术、虚拟仿真技术、智能决策技术、信息传感技术、大规模计算技术等，不仅为战争系统的构成提供了信息基础，也对实现战争工程的实现提供了支持。在对战争系统的分析研究中，将大量采用立足于现代信息技术基础之上的综合性技术与方法，例如从定性到定量的综合集成研讨厅技术、现代战争模拟技术、军事运筹方法、不确定性理论分析方法等。在对战争系统的管理控制中，现代信息系统技术、优化技术、并行工程技术、精确管理与精确控制技术、管理评价技术等都将发挥重要的作用。可以这样说，没有信息技术的进步和发展，没有依托现代信息技术建立的环境和平台，要实现战争的工程化管理是绝对不可想象的。

3. 以工程方法为手段

工业时代发展成熟的工程技术方法将为战争工程提供有效的手段。信息化是建立在工业化充分发达的基础之上的，不可能凭空而来。正如现代计算机及其网络技术是建立在电力、通信等工业基础之上一样。从整体而言，那种认为可以跨

---

① 徐瑞恩．战争：复杂、非线性和混沌．北京：论证与研究，2000，3.

越工业时代直接从农业时代进入信息时代的想法都是不科学的。工程技术方法简单地说就是定量化、专业化和程序化，说到底就是标准化。但那种将战争看成简单机器系统并能用工程方法管理的想法并不正确。事实上，工业时代产生的工程技术方法，加上现代信息技术的成熟，能为我们管理信息时代的战争提供了越来越多的手段，正如医学工程为同样复杂的医学提供了现代化工具一样，但这肯定不会是全部的手段。战争系统是复杂系统，是具有自适应性特征的人工系统和复合系统，直接采用传统的工业管理方法并不合适，但随着科学技术的不断进步和复杂性科学研究的发展，利用系统工程的方法来研究其内部的运行规律，优化系统的要素和活动，采用现代化的工具，实现对战争系统的控制和把握，是非常必要的，也是完全可能的。综合运用工程的方法，可以充分借鉴工业时代的成果，能极大地改善当前战争研究及管理的手段。

4. 以战争管理为核心

战争工程的目的就是要实现对战争的管理，这构成了战争工程方法的核心。但战争是一头脾气暴躁的怪兽，并不会那么轻易地受到约束和控制。能对战争系统实现有效地管理，是任何一个战争决策者永恒追求的目标，也需要有相应的管理控制的手段。战争系统也是一类社会大系统，从管理学的角度来看并无本质上的不同，都可以运用系统工程的方法进行研究和管理。但它与一般的社会系统最大的不同在于其对抗性和结果的残酷性，前者导致系统以“不平衡”为主要特点，以“人”的行为影响为最大；后者则说明战争成果只与胜利者相关，不会给失败者重来的机会。战争的取胜是以实力为基础的，因此战争管理并不能确保绝对的胜利，但却能通过优化管理利用各类相关资源而取得最大限度的战争利益。因此，运用现代战争工程的方法把战争过程纳入工程化管理的范畴，可以大大提高资源的利用率，提高管理控制的精确度。通过不断的创造性战争管理活动，使军事理论的研究、武器装备的发展、作战过程的指挥控制，以及对战争后勤的保障，都步入到科学化的轨道。

5. 以整体取胜为目标

整体取胜是战争工程方法追求的目标。战争工程特别强调系统与系统、体系与体系的对抗。战争工程需要从战争的空间、时间的整体上，对包括政治、军事、经济、外交等各个领域的战争系统进行全面考察，以期在战争的综合结果上取得最佳效果。只在局部进行零敲碎打的改进，并不能从整体上全面实现信息时代所有潜在能力。因此，关注整体，关注整体效果，是战争工程的首要目标。系统的整体性效果来源于系统各个组分的相互作用，其结果就会产生涌现。体系的形成，以及效能的跃升与坍塌，都是组分系统相互作用后产生整体性涌现的后

果，反过来整体的目标又会改变局部演化的方向。局部形成整体，整体影响局部，这个局部与整体的辩证关系，正是在战争工程中需要处理的最为重要的内容。通过战争工程，我们将实现战争理论、作战方法、信息技术与系统思想的有效结合，建立起符合信息化战争特点的新的核心能力，实现信息与资源的集成和优化，实现对战争系统及其演化过程的控制，从而以提高在信息化战争中整体取胜的能力。

二、战争工程产生的原因和背景

1. 战争工程思想产生的原因

第一，信息化战争的到来使得战争方法学面临极大的挑战。一是传统的战争理论已经不适应。传统工业时代的机械化战争理论大都建立在牛顿科学体系之下，已经无法解释许多信息化条件下产生的复杂性问题。缺乏战争实践的检验，理论的科学性也很难验证。理论的超前和实践的落后，形成了军事变革中战争理论的一种奇怪的结合。二是武器装备的发展不适应。独立发展的武器装备系统，与一体化的要求和体系化的进程难以融合。总是通过事后的“综合集成”来修补，实际上很难达到体系集成的目的。三是指挥控制的不适应。快速的信息需求，较慢的武器装备和更慢的指挥决策，形成了相互的制约，使得作战的效能大打折扣。四是人才队伍的不适应。不能用农业时代的人才，使用工业时代的装备，去打信息时代的战争。因此，我们就需要从战争方法学上寻找突破口，从战争理论研究、武器装备发展、指挥控制机制、人才队伍建设等各个方面进行全面的创新，才能有新的飞跃，才能适应信息化战争的需要。而战争工程方法，将为解决这个问题提供一条可行的道路。

第二，信息的利用能力成为信息化战争取胜的关键。信息利用的能力建立在对信息化的正确理解上。战争系统网络化，必将导致要通过网络形成作战系统，通过网络来获取制信息权。战争网络不仅包含了战场 C^4ISR 网络的各个方面，也包含了与战争相关的各类信息网络的范畴。制信息权是获得制海权、制空权的前提，包括了制网权、制电磁权、制舆论权等多个方面。制信息权的获取并不是在战争期间才开始的，而在战争之前就已经展开，包括获取最大的信息技术市场份额，包括应对敌方“技术突袭”的“技术预警”机制的建立。获取制信息权的关键是构筑一体化军事信息系统，确保己方的信息安全和有效利用，并减少敌方对信息的利用。这是信息技术发展到今天的必然，也是战争取胜的关键。战争工程方法的广泛运用就可以使信息的利用能力大大提高。管理信息系统（MIS）、计算机集成制造系统（CIMS）、企业资源计划（ERP）等民用信息系统在市场竞争中的发展，已经给我们做了很好的示范。

第三，信息化战争中的精确性和协同性要求提高。一是精确武器取代概略武器。武器的精确化，必然导致作战的精确化。精确作战包括精确侦察与定位、精确投放力量、精确控制作战过程、精确支援和精确判定效果，从而达成对战争的精确控制。二是并行作战取代顺序作战。参战的所有部队共享对作战空间的感知信息，从而获得协调运用各种作战力量同时打击作战空间内所有目标的能力。三是由“聚焦”后勤取代“集结”后勤。“聚焦”后勤的核心思想是实施精确保障，包括时间上的精确、地点上的精确和数量上的精确，使后勤保障及时、灵活、准确地满足作战的需要。而做到这一点的关键是实现对战争信息流和物流管理的工程化和一体化。无论哪种情况，都要求能够对战争系统实现更有效的管理，对作战过程实现更精确的实时控制。战争工程方法将现代管理控制方法、协同工作方法，以及决策评估理论引入到战争过程中，将改善战争的基本控制方法和手段。

第四，信息化战争的创新性加大，设计性特点逐步显现。过去我们认识战争主要通过先实践再总结的方式，走的是从战争中学习战争、从历史中学习战争的道路。但是，在信息化时代，战争形态变化很快，战争的创新性和设计性特点将十分突出。其特点是“胜者为王”，没有第二，只有第一。跟在别人后面亦步亦趋，只会面临失败的下场。因此，战争的取胜之道越来越依靠创新，创新就是创造新的非对称，这包括战争形态创新、作战方式创新、战法训法创新等各个方面。创新的一个重要环节就是设计，从工程界引入的“战争设计”思想，将为战争的创新提供很好的借鉴。不是被动地应对战争，而是通过主动地设计战争去掌握主动权，才能真正地控制战争。但创新需要检验和实践的条件，战争工程的战争模拟和实验等手段，将改变未来战争无法实践和检验的状况。例如，网络中心战的产生就是美军为适应网络化需求，提出并通过仿真分析和实验而证实的一种新的作战方式。

2. 战争工程思想产生的背景

战争工程思想是信息时代发展的产物。在农业时代，由于传统战争的规模和范围有限，全部由人工就可以实现对战争的研究、管理和控制，诸葛亮就是典型代表。在工业时代，优秀的指挥员配合相应的指挥班子和指挥自动化系统，也可以做到“胸中自有雄兵百万”。但是，随着战争的规模越来越大，涉及的范围越来越广，需要考虑的因素越来越多，战争的速度越来越快，决策的时间越来越短，对战争的研究、管理和控制也就越来越困难。战争发展到信息化时代，复杂性就更成为战争决策者们必须面对的一个突出难题。战前需要对战争进行严密的分析设计，战时需要实时、高效与精确的管理控制手段，战后则需要从巨量且纷繁复杂的数据当中汲取经验与教训。为了实现对信息化时代战争系统的研究、管理和控制，就必须有相应信息化的方法，战争工程的思想也就应运而生。

以美军为代表的西方国家军队虽然没有明确提出，但在许多概念中也隐含了与战争工程近似的理念。从 20 世纪 60 年代麦克纳马拉的国防改革和 PPBS，到其后 90 年代开始的军队转型研究，都在一脉相承地发展科学的战争管理理论。特别是在新军事革命研究中，他们从整体上研究了信息化时代战争的理论，提出的“快速决定性作战”理论、“五环论”系统作战思想、作战净评估方法、基于复杂性理论的目标打击等都是系统思想的体现。网络中心战的提出者塞布罗斯基就认为“网络中心战强调的基本概念是非线性、复杂性和混沌，它的确定性更少而涌现性更多”[①]。他们提出的“能力工程”就是要应用工程化管理方法和工具，构建能力规划、能力需求和能力演化的精确过程，从作战概念研究、作战能力开发的角度来研究未来军队的发展和需求[②]。在“千年挑战 2002”演习中，就专门试验了近年来提出的“基于效果的作战行动（EBO）”、“快速决定性作战（RDO）”、“公共关联作战图像（CROP）”、“联合交互规划（JIP）”、“常设联合部队总部（SJFHQ）”、“作战净评估（ONA）”等概念，被认为是典型的战争实验。在伊拉克战争期间，又不断试验了“震慑”理论、“斩首行动”等，所以许多专家认为，伊拉克战争就是设计出来的。这些其实都和战争工程的观点不谋而合。

3. 钱学森思想的重要影响

事实上，我国著名科学家钱学森早就提出了利用系统方法研究战争的观点[③]。他所提出的“核威慑条件下的信息化战争”的思想，提出的作战模拟和作战实验室的概念，以及后来提出的“从定性到定量的综合集成方法”已成为处理战争复杂系统的科学思想和方法论。

根据钱学森的思想，分析近几场高技术局部战争，观察世界各主要国家军队建设的情况，可以得出一个结论：信息化战争是体系与体系的对抗，运用综合集成方法构建一体化战争体系，已经成为建设信息化军队的基本途径。综合集成强调利用信息技术的连通性和融合性，把军队各个分系统整合成一个宏观有序、整体最优的大系统，就可以形成远远大于系统简单相加而得到的整体作战效能。但遗憾的是，我军在战争理论的研究中，采用系统理论思想方法和手段的却不多见。可喜的是，在近来这个方面得到了很大的重视，强调要注重运用系统的思想和综合集成观念，这为军事理论的创新开辟了新的天地，也为战争工程方法学的建立与发展奠定了基础。

---

① Moffat J. Complexity Theory and Network Centric Warfare. 北京：电子工业出版社，2004：150.

② http：//www. cae. com；http：//www. adsabs. edu.

③ 王寿云. 军事系统工程的理论与实践. 北京：国防工业出版社，1998.

我们提出的战争工程思想以及在实际应用中的各种实践，包括战略战役模拟系统的研发、战争研究综合集成研讨系统、战争实验室的建设等，都是建立在钱学森系统思想基础上的。战争工程思想的提出，实际上就是钱学森系统思想在战争研究中的重要实践。

三、战争工程的主要内容和基础

1. 战争工程的主要内容

一是战争需求工程，是应用已证实有效的方法与技术，对开发的战争系统进行需求分析，确定需求，帮助分析人员理解问题并定义战争系统所有外部特征的系统工程活动，包含需求获取、需求分析、需求描述、需求验证及需求管理等方面。需求分析工程是战争工程的起点，采用工程化的方法意味着规范化和标准化，这将会最大限度地减少二义性。需求应该从战争的整体出发，需要广泛地调查研究。某个“用户需要”不等于就是实际的“战争需求”，应从战争系统的顶层上确定战争的真正需要。从某种意义上说，研究战争的需求实际就是研究战争的未来。

二是战争设计工程，是针对特定的战争需求和目的，运用各种现代战争理论和工程化、信息化的方法和手段等，对战争可控元素进行的一种分析、构建及调整的系统工程活动，包括战争战略设计、战争计划设计、战争能力设计等许多方面。利用复杂适应系统理论研究分析未来战争，更好地掌握战争的特点和规律，就需要从整体角度全面设计战争的进程，谋划需要达成的效果以及如何达成效果的途径，形成战争准备的武器装备、作战力量及战法训法，形成切实可行的战争规划和计划等。研究设计战争，不能仅仅局限于定性结果分析方面，也必须像设计大型工程系统（例如三峡工程）一样，需要有工程化手段的辅助，需要落实到细节上，需要反复地计算和比对。

三是战争实验工程。战争实验活动涉及不断循环的实验过程，涵盖了一系列相关研究方法和实验手段，有多组不同领域的专业团队参与其中。为了更好地创造新的战争概念和联合作战能力，采用系统工程的方法与手段，对战争实验活动中对实验方法的设计和规划，对战争实验过程的管理和控制，以及对战争实验团队的组织和协调的活动，就称为战争实验工程。战争模拟是战争实验主要技术基础，包括分析、训练、武器装备多个类别，涵盖战略、战役、战术、技术多个层次，采用真实、虚拟、推演等多种方法，具有人在回路、人不在回路、实物半实物在回路等多种形式。利用战争实验工程，可以对战争计划与方案、武器装备体系效能等进行充分地研究，也可以对人员进行有效地培训。战争模拟实验方法是信息化带给我们的最大礼物，也是激发和验证战争思想创新的有效平台。

四是战争控制工程，是以现代决策控制技术与信息技术为支撑，运用现代工程方法和信息化技术手段，对战争系统全过程实施管理与控制的系统工程活动。战争系统是极其特殊的复杂巨系统，对抗性、复杂性、不可重复性、决定生死存亡等特点，决定了对其进行管理控制将会极为困难。事实上，无论哪个时代的战争，战争的决策者们其实都在力图对战争进行管理和控制，而在信息化时代，对战争系统的管理控制就更需要引入现代科学的方法和工程管理的手段。战争管理和控制，包括战争管理、战场管理、作战管理等多个层次，最典型的控制系统是战略、战役、战术指挥信息系统，实现对战争系统全过程的状态监测、决策控制、异常处理及效果评估等。战争的管理控制，其关键在于对全局信息的掌握和处理，在于正确地谋划和决策，很大程度上是决策者的决策艺术与战争系统状态监控技术的完美统一。

五是战争评估工程，是利用现代评估评价技术和信息化手段，对战争进行全面评估评价的系统工程活动。评估评价涵盖战争的全过程，战前对战争潜力及趋势进行全方位的评估，战中对每一个战争行动进行及时有效地观察、测量和评估，战后对战争进行及时统计、总结和评价，是战争评估评价的主要方面。战争系统状态、特定作战效果、成本效益及作战效能等都是评估评价的重要内容，而战场效果测量、各类统计分析、事后总结归纳等，都是经常采用的方法。美军的作战净评估方法，是其战前评估的典型代表。

2. 战争工程的主要基础

1）战争工程的理论基础是系统思想

战争工程的理论基础是系统思想，这些思想的代表就是系统科学理论与系统工程方法。战争对抗的双方不仅系统组成复杂，功能复杂，而且其活动具有很大的不确定因素，但目的都是相同的，就是力争取得胜利。因此，不仅需要对本方系统的各个组成部分进行有效的组织、管理和控制，而且也要针对对方的措施采取相应的手段进行制约。用系统理论和方法指导对战争系统的研究，正是战争工程的核心。

系统理论的指导作用主要体现在：一是强调自顶向下看待战争系统，从战争系统的整体（包括空间、时间）分析和把握战争系统诸要素的相互作用关系和整体目标；二是强调自底向上的集成与优化，通过整合集成所有的系统、资源、信息与方法，优化对战争系统的组织、控制与管理，以达到整体上“1＋1＞2”的效果；三是强调系统分析与建模，通过战争模拟的方法对战争系统进行建模，通过模型实现对战争系统的研究与分析；四是强调逐步增长，采用体系工程发展模式，通过新老系统的合理衔接，实现新旧系统的合理过渡；五是强调协同和协作，正确处理战争工程与军事科学、工程科学、武器装备等各方面的关系，共同

努力地协调各方面的力量共同向前发展。

2）战争工程的技术基础是现代信息技术

现代信息技术为战争工程提供了实现的技术条件。以信息探测、传感及融合技术为代表的感知系统与技术大大拓展了对战争系统的感知范围。这为准确、及时和全面地获取战争系统的状态和分析发展趋势奠定了技术基础。以先进计算、移动通信及网络网格技术为代表的计算与自动化系统与技术，扩展了战争系统中各功能系统的能力，为大规模信息输入输出、快速处理、存储分发创造了条件。以认知理论、人工智能和协同技术为代表的智能协作技术，强化了战争系统的智能化、自动化和协同化能力，为实施战争工程的智能协同工作提供了支持。

战争模拟技术建立了战争预实践的虚拟空间。现代战争模拟是信息技术与军事科学相结合的产物，是实现战争工程的重要基础。通过战争模拟方法，不仅可以对战争系统进行总体建模，而且还可以通过仿真模拟对战争系统进行试验，通过虚拟的方法对战争问题进行预先研究和实践。通过时间推进分析、空间范围分析、时空综合分析等，将对战略决策、指挥控制、武器装备的发展，提供虚拟实践的机会和手段，也才能使得战争分析与设计、战争实验与控制等有了可能。没有战争模拟的发展与进步，实现战争工程是不可能的。

决策与控制技术奠定了战争管理控制的基础。对战争系统进行控制，就是要实现对战争状态感知、判断、决策和行动的统一管理，使之朝期望的方向发展。决策是导致状态变化的重要依据，既是战争决策者力图取胜的重要决定，也是战争工程完成控制战争系统的重要手段。因此，采用现代决策理论和控制技术，使得战争决策更加科学化，是战争工程最重要的内容。决策与控制的另一个很重要的方面是协同与同步，使得“事物在时间和空间能够有目的地进行协调”，这就是作战指挥。信息时代的指挥控制，必须解决并行、协同指挥的问题，找到符合信息时代要求的指挥控制体制与形式。现代决策理论与系统控制技术，已经可以为实现战争的科学管理与控制提供基本的技术可能。

3）战争工程的应用基础是军队向信息化转型

向信息化的转型，首先需要确立信息化的思维。信息化的目的是实现系统的综合集成，信息化思维就是系统化思维。只有以信息化思维作支撑，才能实现向信息化的转型，才能确保战争工程的实施，确保实现“建设信息化军队、打赢信息化战争”的总体目标。一是要建立起信息化战争的理论。我们不能拿着过时的理论去指导信息化战争的实践，只有符合信息时代要求的战争理论，才能推进战争研究与管理的全面进步。当前对复杂电磁环境的认识，可以说是走出了正确的第一步。二是建立一体化的作战理论和战法。建立能对战争进程自主适应的作战体系和作战理论，以及能够把握这个体系过程的手段和方法，将是战争工程未来重要的研究内容。三是建立综合集成的武器装备体系。通过人机一体、人与装备

一体的综合集成，实现基于网络的作战体系对抗，是战争工程方法最直接的应用领域。四是实现贯穿始终的战争控制与管理。保持不同层次决策优势，实现基于信息优势的指挥控制，达成对战争的控制与管理，是战争工程最核心的功能。五是建立组织复合的专家型人才队伍。战争工程师队伍是一类高层次的专业团队，是复合型人才构成的专家型队伍。通过专业分工提高效率、通过组织融合形成整体的高素质战争工程师人才队伍，将是实现战争工程管理的关键。

四、与战争工程相关的几个问题

1. 战争工程方法是工程技术与战争艺术的完美结合

战争管理是科学，更是艺术。一般说来，凡是理论不能及的或者尚需凭借经验驾驭的活动就是艺术。战争活动极为复杂，变幻莫测，每一种军事情况都具有特殊性，在寻找正确的解决办法时，有时运用以经验为基础的直觉往往比依据理论和推理更有用。这就是所谓的“运用之妙，存乎一心”，是一种艺术化的境界。战争的艺术性是不可否认的。然而现代战争管理也不是纯粹的艺术问题，当人类社会走入了信息时代后，现代信息化战争具有规模大、范围广、信息密、速度快、精度高、协同紧等特点，其战前的战争准备，战时的战争管理与控制，以及战后的战争分析总结活动都异常的宏大与复杂，如果没有有效的现代工程化和信息化手段和工具，是无法满足现代信息化战争研究与管理需要的。艺术与工程的结合才是我们在现代战争中追求的目标，也是在战争中占据主动的关键。正如美军所说的指挥控制，指挥是艺术，而控制就是科学。这种指挥上的决策艺术与工程技术的分工与结合，可以通过战争信息系统为指挥员提供更好的决策支撑，而通过战争工程与战争艺术的融合与贯通，也可以实现对战争的有效管理和控制。可以这样说，现代战争应该是战争指挥员与战争工程师的一个共同舞台。

2. 战争工程方法可以搭起连接军事理论和科学技术的桥梁

这个桥梁将为军事理论与科学技术的融合奠定基础。首先，战争工程方法促进了军事理论向科学的升华。恩格斯说过，一个学科成熟的标志就是数学工具的广泛应用。从这个意义上来说，军事科学在当前还基本上是以经验总结为主导，还没有真正达到成为科学的程度。但战争工程方法的引入，将把在自然科学中广泛采用的数学原理与工程方法，包括已经在军事研究中广泛应用的军事运筹学方法，更好更多地应用到了军事科学之中，使得军事理论从经验向科学升华具有了坚实的基础。其次，战争工程方法改善了军事理论对武器装备发展的指导作用。战争工程方法给军事理论创新注入了新的技术活力，使其对武器装备发展的指导更具时代特征，以适应未来作战的需要。例如，网络中心战理论的产生以及对武

器装备发展的影响，就是一个典型的从理论到实践的例子。最后，战争工程方法建立了工程技术、武器装备与军事理论、作战应用的有效衔接。长期以来，在工程技术与军事理论之间存在着一个鸿沟，使得军事理论研究与武器装备建设脱节，武器装备发展与实际作战运用不匹配。其中一个很大的原因就是两者之间缺乏有效沟通的桥梁，使得两者无法互相“听得懂”对方的语言，理解对方的意图。战争工程将军事理论与工程技术连接提供科学的语言，为填平这个鸿沟提供了基本条件。

3. 战争工程方法可以促进军事理论研究的发展

战争工程方法为军事理论研究扩大了实践空间。军事科学的实践性特点，使得军事理论的创新需要有足够的实践机会。除真实的战争实践、军事演习以外，战争工程方法可以为战争研究者提供利用计算机仿真模拟产生出来的“虚拟实践”的方法。“虚拟实践”方法绝不是简单的手段变化，而是军事理论研究的一次革命。过去军事理论的研究基本上来源于历史战例，虚拟实践则还可以为未来战争理论的研究提供丰富的虚拟战例，进而成为军事理论研究的新的手段和方法。“虚拟实践”方法与过去的“经验归纳”方法的一个明显区别在于，“经验归纳”法着眼于过去，而“虚拟实践”法面向未来，因而后者更适合于未来信息化战争和军队发展的研究。

战争工程方法强化了战争理论研究的设计性。战争工程方法将使得准备和应对战争带有超前设计性，并能通过“虚拟实践”的方式加以检验。“虚拟实践”方法表明，未来战争是能够设计出来的，同时也是可以在实验室中进行研究的，结果只不过是在战场上对战争设计研究成果进行鉴定和验收。有人说，“一流军队设计战争，二流军队应付战争，三流军队尾随战争”，这是有一定道理的。设计未来战争首先需要丰富的战略想象力，并运用现代科技手段论证、实验、仿真，使针对未来的设计更加清晰。未来战争将首先在实验室里打起来，已经成为许多专家共同的看法。

五、结束语

恩格斯说过：“每个在战争史上采用新方法而创造了新纪元的伟大将领，不是新的物质手段的发明者，便是在以正确的方法运用以前发明的新手段的第一人。”[①] 恩格斯还说过：“新的军事科学是新的社会关系的必然产物。”[②] 新时代的到来总是催生新的科学思想。从分析战争到设计战争，从临机应变战争到超前制

---

① 马克思恩格斯全集（7 卷）. 北京：人民出版社，1977：564.

② 马克思恩格斯军事文集（1 卷）. 北京：战士出版社，1982：184.

变战争，从被动参与战争到管理控制战争，这些都需要崭新的战争方法学支持，这是我们实现从战争的“必然王国”向“自由王国”转变的重要条件。

战争工程思想是在钱学森系统思想重要影响下的产物，也是战争发展到信息时代的必然，反过来它也将成为促进信息化战争发展的新动力。这种建立在系统理论基础之上，充分利用现代信息技术，以工程方法为主要方法和手段的思想，是走向信息时代的战争方法学。我们应该重视对战争工程理论及方法的研究，使之在建设信息化军队、打赢信息化战争的中国特色军事变革中发挥重要作用。

谨以此文纪念钱学森先生一百周年诞辰！

参考文献

董子峰. 信息化战争形态论. 北京：解放军出版社，2004.
胡晓峰，罗批，等. 战争复杂系统建模与仿真. 北京：国防大学出版社，2005.
军科世界军事研究部. 基于效果作战论. 北京：军事科学出版社，2005.
李爱国. 美军“快速决定性作战”与复杂自适应系统. 外国军事学术，2003，(7).
钱学森，许国志，王寿云. 论系统工程（增订本）. 长沙：湖南科学技术出版社，1988.
Alberts D S，Moffat J. 网络中心战与复杂性理论. 郁军，等译. 北京：电子工业出版社，2004.

第七节　综合集成技术在空军的若干实践及思考*

钱学森创立并倡导的“从定性到定量的综合集成方法”和“综合集成研讨厅”既是研究复杂巨系统的指导原则，也是解决复杂巨系统问题的工具和方法。空军是科技密集的军种，空军的发展面对许多复杂的巨系统问题，深入研讨这些理论和方法、交流实践的成果和体会，发现并解决实践过程中遇到的问题，对加速我空军的现代化建设、提高我空军的战斗力有重要意义。

一、综合集成技术的发展

综合集成技术在军内是随改革开放政策的贯彻而不断发展和传播的。

1978 年钱学森、许国志、王寿云在文汇报发表著名的文章“组织管理的技术——系统工程”，提出系统工程。

1979 年钱学森在“军事系统工程”一文中提出通过模拟技术构造“作战实验室”的概念。

1980 年底，中国系统工程学会成立，其下属的军事系统工程委员会也随即成立。

1986 年起，钱学森倡导并参加“系统学讨论班”，逐步提出“从定性到定量

* 本节作者刘奇志，空军指挥学院科研部研究员。

综合集成方法"、"综合集成研讨厅"以解决复杂巨系统问题，并提出创建系统科学的构想。

1992年成立国防系统分析专业组，专门关注、研究"综合集成"思想在军事领域的应用和发展问题。体系对抗的概念，交互分布仿真概念，武器装备体系对抗实验室体系的建设都与钱老的工作密不可分。

在作战仿真理论方面，1994年王寿云在"系统分析的综合集成"报告中提倡建立"分布网络交互作用仿真"。

这些学术理论的产生和传播，在思想、概念和方法等不同的层面，指导了空军解决作战、训练领域中的系统工程问题。

二、空军战役作战仿真

从20世纪80年代，空军指挥学院开始从事空军战役作战仿真系统的研究。经过几代人的不断学习、探索、积累，作战仿真系统功能不断加强，应用领域逐步拓宽，解决的问题也逐步深入。

最初的空军战役仿真系统是参照信息管理系统的思路建设的，主要用于航空兵防空作战的过程训练。不久，将防空作战模式扩大到红蓝双方的攻防对抗，进攻一方按照计划进行，防守的一方根据规则自动生成抗击方案。

20世纪90年代中期后，应用分布交互仿真技术，将分布于不同地区的机关部队纳入一个统一的作战仿真系统。

空军在建设作战仿真系统的过程中，认识到开发大型作战仿真系统本身也是系统工程问题，仅仅依靠开发研制单位把握系统的质量是不够的，必须专门立项，以实际应用为背景，开发、建立验收测试系统。实践证明，这些措施在管理以软件为主体的项目质量中发挥了重要作用。

空军战役作战仿真的主体是航空兵，有航空兵参与的仿真与其他军兵种的作战仿真相比，有两个突出的特点：

1）作战单位与建制单位的不一致性

通常情况下，地面部队和海军舰艇的建制单位与作战单位是一致的，但航空兵则不同，执行作战任务的单位是由作战任务性质决定。这个单位一般不是建制单位，而是临时组建的飞行编队。因此，飞行编队需要根据任务在模拟过程中产生。

2）控制时间变化的精细性

飞机的飞行速度达每秒数百米，作战对抗在飞行过程中发生，因此涉及航空兵参与作战的仿真时间控制必须很精细。所以，航空兵参与的作战仿真一般需要用精确到小于10秒的时间步长推进。

三、空军作战计划生成

空军活动范围的广阔性、突击目标的多样性，相互配合的严密性，都要求作战行动必须有周密的计划。

计划是对作战力量（资源）的分配和协调，是真正联合作战的基础。简单的分配方法不能使资源充分发挥作用。传统的协同方式是按照时间或地域分工，但是仅按照时间分配就是折子戏，仅按地域间分配，就是“军阀割据”。

制定作战计划不仅要求可行、合理，而且还有时间限制。因为战时的可用兵力、作战任务都在随时变化，作战计划必须能随变化而调整。所以，制定作战计划的能力就成为度量作战能力的重要指标。不能在短时间内制定合理的作战计划就不可能组织大规模的、连续的空中进攻。寻找、研究制定作战计划的先进方法和工具成为空军现代化建设的一项重要任务。

1. 歼击航空兵防空作战出动计划

1）问题描述

歼击航空兵防空作战的计划就是将待分配的歼击航空兵兵力作为资源，按照任务需求分配。歼击航空兵防空作战的任务是截击地段，即敌机飞过的航线（不是敌机）。敌机飞过的航线越长，我歼击机攻击的机会就越多。

作战计划的限制条件要求：

① 我歼击机的活动必须在其作战半径范围内。

② 我歼击机的活动必须在地面指挥机构的控制范围之内。

③ 一个地面指挥机构的指挥引导能力是有一定限度的。

④ 不要浪费兵力，同一截击地段只用一批兵力。

⑤ 单位时间内机场跑道起飞、降落的飞机数量有一定的限度。

追求目标一般有多个，包括使保卫目标预期损失最小，使敌某些方向的飞机预期损失最大等。

2）解决方法

在分析航空兵力的使用特点后，我们将基本约束条件用线性不等式描述，依此为基础，通过求解一系列的线性规划问题逼近实际问题。

基本线性不等式涵盖了截击地段条件、探测范围、指挥引导能力、我机作战半径、敌机航线等客观约束。

为简单计，只给出航线上截击地段约束条件。

当只有一个 1 号机场，驻一种型号飞机，飞机截击敌机一次所需的地段长度为 d_1，能够派出的兵力为 x_1（待定），如果航线上有 1 批敌机，根据不浪费兵力的原则，则应有

$$d_1x_1 \leqslant |D_1|$$

其中，D_1 是 1 号机场能在航线上进行攻击的地段，它与情报探测能力、指挥引导能力、飞机作战半径等综合因素有关，$|D_1|$ 是地段 D_1 的长度。

当 1、2 号两个机场都能使用时，除了从单个机场考虑问题外还要考虑两个机场之间的重复作用。约束条件为

$$d_1x_1 \leqslant |D_1|$$
$$d_2x_2 \leqslant |D_2|$$
$$d_1x_1 + d_2x_2 \leqslant |D_1| \cup |D_2|$$

一般情况下，如果有 $1,2,\cdots,I$ 机场都可以拦截这条航线上的敌机，则约束条件可写为

对所有 $A \subseteq \Delta$

$\sum_{i\in A} d_i x_i \leqslant | U_{i\in A} D_i |$

其中，$\Delta = \{1,2,\cdots,I\}$。

这组约束有 $2I-1$ 个。

因为基本线性约束不等式左侧是对一个集合求和，右侧是对同一个集合的模求并，所以我们称之为合并约束。

(3) 模型的求解

合并约束的数量随集合中元素的增加而呈指数增长，但是我们分析后发现有效的约束条件数目实际上只是集合元素个数的多项式量级。

由于防空作战追求目标的多样性，我们不可能只求一个最优解，必须建立目的规划模型以满足决策者对多指标的要求。

2. 航空兵进攻作战计划

美军 20 世纪 60 年代开始研制制定进攻作战的计划生成系统，80 年代开始试用。1989 年正式启用“Ⅰ型联合作战计划制定系统”，1990 年启用“Ⅱ型联合作战计划制定系统”。海湾战争中空军使用系统制订计划，一天的出动计划打印出来有 180 多页，计划包括飞机的起飞地点，时间，突击目标，飞行航向、速度、高度，进入目标方向，投弹方式，返航时间，加油时间、顺序，特殊情况处置等参数。制定一日空中任务指令的时间周期为 48 小时。不久，系统进一步改进，制定一日空中任务指令的时间周期缩短为 24 小时。

四、突击目标的新概念——系统目标

对进攻作战，突击目标体现了战争的目的，选择突击目标是决策者进行战略

战役筹划和制订作战计划的首要活动。正确地选择突击目标，对于取得作战胜利、节约兵力、减少伤亡，具有非常重要的意义。

传统的目标可以按照如下的方法分类：

① 按照目标所在的空间位置，可以将其分为地面目标、地下目标、空中目标、水面目标、水下目标。

② 按照目标的功能，可以将其分为军事目标、政治目标、经济目标。

③ 按照目标的几何形状，可以将其分为点状目标、线状目标、面状目标。

④ 按照目标本身的性能，可以将其分为固定目标、移动目标等。

随着信息技术的发展及广泛应用，人们可以在更大的空间范围内了解到目标的情况，可以更精确地探测到目标的位置及其他特性，为研究、掌握各个单个目标之间的作用和联系提供了物质手段。同时在决策上也提出了更高的要求，希望能用更少的时间、考虑更多的因素、做出更科学的决策。因此，仅仅局限于传统的目标分类方法已经难于满足实际的需要。

系统目标是指那些相互联系、为实现某种功能的目标所构成的系统。系统目标作为一个系统，它和孤立目标的最大区别在于系统的结构性，系统中的目标按照一定的规则组织成一个整体、共同完成某种功能。正是由于系统的结构，使得系统的功能出现一些特点，如功能的冗余性，即当某些目标被破坏时系统的功能可能不受影响；功能的突变性，系统功能的减少不一定和构成系统的目标破坏程度和数量呈简单的线性关系。当较少的目标被破坏时，系统的功能可能不受影响或受到很小的影响，但是当破坏的目标达到一定的数量后，系统的功能可能彻底丧失，再破坏其他的目标已经没有意义。

同一个系统目标中的具体目标是密切联系的，它们之间的功能有些是互补关系，有些是备份关系。突击的目的不是破坏被打击对象本身，而是破坏被打击对象所在系统的整体功能。因此，在选择直接的突击对象时不仅要考虑其本身的具体情况，即其本身的属性，如位置、性质、特征、价值等，更重要的是分析目标在系统中的作用，即目标对于系统整体功能的贡献，经过量化分析，定出那些对系统整体功能具有重要作用，甚至是具有决定性作用的目标。

选择突击目标，首先涉及作战效果的评价标准。

在战术层次的作战行动中，作战任务分工可能非常具体明确，就是摧毁或压制某个（些）具体的目标，作战效果以目标的损毁程度度量。

在战役或更高层次的作战行动中，作战任务可能只规定了最终的效果，并没有指明破坏哪些具体目标才能达到规定的效果。作战效果以敌方某些功能的丧失程度度量。功能的丧失程度不一定能用目标破坏的程度和目标破坏的多少表达。

我们不但提出了系统目标的概念、破坏系统目标的标准，而且针对一些特定的系统目标，运用运筹学理论，建立了有效破坏系统的模型和软件。

系统目标的概念也发现了现行的体制的一些问题。在传统的分工中，突击目标的研究和存储属于情报工作，突击目标的选择问题属于作战指挥。因为系统目标不仅需要掌握目标的情况，同时应考虑目标毁伤的效果，所以将管理和使用目标的工作融为一体统筹兼顾更为合适。

五、人才发展规划与管理

人才成长不仅周期长、政策导向性敏感，而且不能像一般的物资静态、长时间的储备。所以，必须制订周密的、长远的、动态的人才培养使用规划。空军是技术密集性军种，人才需求数量规模大，质量要求高，系统分析需求尤为迫切。

我们提出了仿照作战模拟，建立定量分析人才队伍结构、制定人才规划的辅助决策系统。已经开发的科技人才队伍发展模拟模型，描述了人员的基本情况、文化、政治、行政、能力等方面的主要属性，能模拟晋升（专业技术职称、专业技术等级和军衔晋升）、惩罚、转岗或退役、人员补充、学科（专业）平衡、年龄段平衡等方面的政策，可以用于研讨科技人才队伍的各种成分结构及演变规律。

六、进一步应用综合集成技术的思考

1. 学术方向

在综合集成、建模仿真领域，作战仿真最近几年已经受到一定的重视，但是作战仿真不能代表这个领域的全貌，而且没有其他理论、模型的发展，作战仿真很容易产生重形式轻实质的偏向。所以在课题的立项、经费的支撑、人员的培养，都应引起足够的注意。

即使在仿真领域，也存在一些值得注意的问题，例如描述作战过程逼真，算出的作战效果可信度较低；描述机动、火力、毁伤较完善，但是对信息感知、获取、处理较欠缺；描述自己比较细致，描述对手较粗糙。这些问题都值得关注。

2. 建议加强研究的问题

1）建设基于真实作战指挥所系统的作战仿真系统

作战仿真系统开发和建设应尽量采用真实作战指挥所系统的成果。其优点是：

① 为使用者提供教学、训练、作战完全一致的环境。

② 开发者可以腾出更多的精力、立足于更高的境界，研究真正的作战指挥问题。

③ 便于深入探讨和发展装备、训练、作战、后勤各个部门之间的协作与

合作。

2）加强通信、电子战的模型及仿真研究

在武器装备和作战过程中，通信、电子战手段已经发生了革命性的变化，可是目前的建模与仿真还不能完全反映出这种变化。以数据链为例，它已经成为作战不可或缺的工具。其最显著特点是整个管理过程都是计算机控制下的二进制数据处理。数据链高效率、高质量、大容量传递信息的特性使许多作战概念和指挥方法发生变革。数据链使通信从一种保障辅助工具变成战斗力核心成分。它的使用提出了新的概念和问题，如网络参与组的概念、网络设计过程、通信规划和网络运行机制等。所以，电子战、数据链都应纳入建模仿真的研究和应用范畴，并作为深入研究的重点问题。

3）加强三军统一描述作战任务的基础研究

从信息流的观点分析，军队的作战组织过程就是将作战活动的时间、地点、对象（实体、部队）、任务格式化、数字化的过程。其中，最难以描述的就是任务。因此，模拟三军统一的联合作战仿真，应建立统一的作战任务清单。

可以从三个不同的侧面认识和理解作战任务清单：

（1）整体结构。

作战任务清单是可能执行的作战任务的集合，它涵盖了不同战争层次、不同作战样式、不同作战领域的作战任务。它不仅包含传统陆战、海战、空战等常规作战的任务，而且包含 C^4ISR、信息作战、空间作战、反恐作战、核战等新型的作战任务，不仅适应于当前的战争，而且适应于未来的战争。从这个层面看，作战任务清单是对战争理念的定量化、结构化梳理。

（2）作战任务清单使用。

任务是完成使命的基础，也是对作战活动进行评判和评估的根据，是各种作战模型的根据。

（3）量化任务指标。

对于每一个具体任务，作战任务清单给出任务的具体内容，并且规定了严格的量化指标。

作战任务清单是可以更改和扩充的指南，不同的部门完全可以根据自己承担的使命，按照使命分析方法扩充任务清单。

作战任务清单明确指出要执行什么，但不涉及如何执行任务，如何时由谁来执行任务。

作战任务清单为描述作战述过程提供了标准。

在横向上，作战任务清单可以是作战、训练、装备、后勤各个不同部门，陆军、海军、空军、二炮不同军兵种认识作战过程的统一语言。

在纵向上，作战任务清单可以是战略、战役、战术各个不同层次描述作战过

程的统一语言。它为各级统帅机关部、各军兵种、各级作战指挥官、各级机构、各级联合组织提供描述作战过程的一种标准。

作战任务清单可以贯彻于作战模拟系统的研制，以探索武器装备体系的功能、体制编制的论证问题等。如用作战任务清单研究 C^4ISR 系统的体系结构设计问题，可以确保从概念、政策、技术层面的一致和协调，为系统的一体化设计、构建提供依据和标准。

作战任务清单应当是作战仿真、军队信息化建设的基础工作。

4）研究开发使用大型作战仿真系统的理论与工具

一般武器装备的诞生和使用可以划分为预研、研制和作战（训练）使用三个阶段，三个阶段都需要有相关的理论支持。预研阶段侧重于基础理论，研制阶段侧重于工程设计理论，使用阶段需要运用理论（运筹）。以软件为核心的计算机作战模拟系统也是武器装备的重要组成部分，所以不仅在预研、研制开发阶段需要有基础理论支持和工程设计方法的指导，在使用阶段也需要有理论的支持和方法的指导。作战仿真系统为作战研究提供了实验手段，但是并非建立了仿真系统，系统的作用就能发挥作用，还需要借助于其他理论（如数理统计）分析、研究开发各种辅助工具，不仅能合理处理各种因素，减少误差、缩短模拟时间，而且能提供用户熟悉的接口界面。只有把这些做好了，作战仿真系统才能真正成为作战指挥人员独立使用（而不是在技术人员指导下使用）的工具。

第八节　在海军装备体系论证中对综合集成研讨厅理论的理解与应用*

一、海军装备体系论证迫切需要综合集成研讨厅理论的指导

海军装备体系是一个典型的开放复杂巨系统，其主要特点是：数量庞大、构成繁杂，具有很强的复杂性；制约因素多，内外关联密切，具有很强的开放性；建设投资大、周期长，决策后“调头难”。这里需要说明的是，海军装备体系还具有系统的普遍特性——演化性，随着时间的变化，装备体系构成的变化，体系所形成的综合作战能力也将发生变化。因此，海军装备体系存在一个逐步成长、逐步完善的演化过程，必须协调发展、及时维护，以保持和提高体系能力。

目前，随着世界新军事变革的深入、现代科学技术的发展，以及经济全球化、技术扩散化等因素的影响，海军装备体系的复杂性和开放性进一步增大，论

* 本节内容是姜志军 2006 年 9 月 20 日在第 262 次香山科学会议上作的报告。姜志军系海军指挥学院副院长，曾任海军装备研究院主任。

证的要求和难度也进一步提高。

这些要求归纳起来，有以下六个方面：需要从长计议、长远预测；需要整体设计、统筹规划；需要适时调整、对抗发展；需要虚拟实践、去伪存真；需要集思广益、去粗取精；需要滚动优化、科学决策。

由于在理论方法和手段上的缺乏，体系论证工作面临了很多困难，具体说有五个“难”字：超前预测难、体系虚拟难、总体优化难、智慧集成难、科学决策难。

海军装备体系的特点以及论证的要求和存在的困难，使我们深刻体会到，海军装备体系作为一个典型的开放复杂巨系统，传统的理论方法和技术手段，已经不能适应科学谋划海军装备体系建设与发展的需要，急需在理论、方法和手段上取得突破性进展。

从综合集成研讨厅理论的本质特征和应用实践可以看出：综合集成研讨厅能够创造一个超前的环境、集成的环境、对抗的环境、创新的环境，从而不断集成火花、发掘智慧、发现真理、发现人才，使各种思想认识在比较中、批判中、推敲中、验证中不断升华，真知灼见不断涌现，逐步形成科学的发展观。

因此，迫切需要以综合集成研讨厅理论为指导，建设满足海军装备体系论证需要的研讨厅。

二、对海军装备体系论证综合集成研讨厅的认识

通过对综合集成研讨厅理论的学习、理解，我们认为海军装备体系论证综合集成研讨厅（简称研讨厅）是以海军装备体系建设与发展研究为主题，以人为主、人和工具相结合，运用相关的信息，依据一定的过程，实现从定性到定量综合集成的论证研究环境。它包括主题、人员、工具、信息和过程五大基本要素。这些要素相辅相成、互相支持、互相制约、缺一不可。

主题是研讨厅的研究对象，是指研讨厅需要解决的各种问题。主题具有层次性和多样性。层次性主要体现为战略、战役和战术等不同层面的装备建设与发展问题。多样性则体现为各个层面的军事需求、技术发展、作战使用、经济性分析等不同种类的问题。在主题的设置和选择上，要紧扣军委、总部和海军首长关心的重大问题和海军作战与建设的现实问题。

人员是研讨厅的研究主体，是研讨厅中核心的、决定性的因素。人是问题的提出者和主要解决者，具有计算机系统所不具备的经历、阅历和智慧，具有不可替代的主体作用。人的素质和作用决定了研讨的质量。应针对主题的特点和要求，重点做好人员的选择、组织和管理，特别是要选择那些具有哲学思想、科学素养的领导、专家和行业权威，参与研讨厅的工作。

工具是研讨厅中为人员服务的研究手段，是指与主题相关的建模与仿真系

统，以及各类管理、协同和研讨工具，包括面向战略、战役、战术不同层次的决策支持系统；适应多种作战样式和作战行动的对抗仿真系统；视频会议系统、信息管理系统、网络管理系统、群体决策系统等。

信息是研讨厅中为人员服务的研究基础，是指与主题、人员和工具相关的各类情报、数据和知识，包括研讨所需的军事、政治、科技、经济等情报；针对特定问题的军事想定、军事规则、装备性能、战场环境等数据和知识；相关的政策法规和标准规范。

过程是实现人员、工具和信息有机结合的纽带，是指围绕主题进行研究的步骤、流程、方法和规则。应针对不同的主题，建立不同的研讨过程，并在研讨过程的不同环节，明确参与研讨的人员，重点使用的工具和信息。

这里应该特别强调的是，在主题、人员、工具和信息完全相同的情况下，不同的过程可能导致不同的结果。合理、规范的研讨过程，将有助于激发参与者的创造性思维，有助于规范参与者的关系和行为，有助于发挥工具和信息的支持作用，从而实现从感性经验向理性思维的升华。

三、海军装备体系论证综合集成研讨厅的建设和运用构想

当前，我们正在开展海军装备体系论证综合集成研讨厅的建设工作。这个研讨厅主要承担以下四个方面的科研任务：

① 海军武器装备体系顶层设计。

② 海军武器装备型号综合论证评估。

③ 预研重大背景项目和国防关键技术综合论证评估。

④ 海军新军事需求与新概念装备分析研究。

为完成上述任务，研讨厅在总体结构上可划分为运行管理环境、实验支撑环境、建模与仿真环境、分析评估环境和综合研讨环境五个部分。各个环境既相互独立，又相互依存，并且自下而上构成一个以网络技术、计算机技术和建模与仿真技术为基础的论证研究环境。

从发展的角度看，它应具备以下六个方面的研究能力：

① 支持海军装备发展战略制订的研究能力。

② 支持海军装备体系结构优化的研究能力。

③ 支持海军装备体系效能评估的研究能力。

④ 支持海军预研重大背景项目评估的研究能力。

⑤ 支持海军装备作战使用仿真的研究能力。

⑥ 支持海军新作战概念和新概念装备验证的研究能力。

在综合集成研讨厅建设的指导上，既要强调需求牵引、技术推动，突出重点、整体规划，建用结合、滚动提高，更要突出发展的观念、创新的观念、批判

的观念、体系的观念和对抗的观念。

在研讨厅的具体建设中，要全面抓好五大基本要素的建设，使各个要素协调发展、整体推进，形成良性互动。其中，还要特别关注三个方面的问题：

一是注重以人为主。研讨厅中，即使建成了相关的软硬件环境，问题依然要靠人来解决。要特别强调发挥人的主观能动性，使其他要素紧紧围绕方便人的使用来运行。要用人才建设，推动环境建设；用环境建设，促进人才建设。

二是注重工具和信息的建设。这是一个长期积累和完善的过程，需要坚持不懈地抓好基础性工作，通过建立有效的机制，不断收集、研究、积累各种模型、数据和工作文书档案，并开发各种能够有机组合的应用系统。

三是注重研讨过程的设计。通过科学的过程设计，使参与者能够运用相关的工具和信息，并通过近似实战的推演和充分发表意见的辩论，使少数人掌握的真理被多数人接受，最终实现经验、智慧、思想从定性到定量的综合集成。

下面以开展海军装备建设规划方案论证为例，说明研讨厅的运用构想。针对规划方案论证这个主题，主要的分析研讨过程包括以下四大步骤：

第一步，确定装备建设目标。

主要任务是：分析未来的战略形势，包括战略格局、战争形态、威胁判断等；分析海军新的使命任务；通过对使命任务的细化分解，结合国情军情，明确拟制规划的主要约束条件，确定建设目标。

该阶段以定性分析为主。关键是引入有思想、有远见、熟悉军事需求和装备发展的综合性、战略性研究人员。最好能邀请到站在时代前列、具有战略思想、能总揽全局的海军高层首长和机关决策人员来指导和参与。

研究中，可以采用以价值为中心的决策分析方法。通过利用研讨厅中的各种工具和信息，建立需求分析价值模型，分析提出构建海军装备体系的新要素，并对提出的武器装备和体系结构设想进行分析评价，确定未来装备体系建设的目标。

第二步，生成建设规划方案。

主要任务是：以作战需求、技术发展、经费投入和时间进度为主要约束，生成若干装备体系建设的规划方案。

该阶段定性与定量分析相结合。关键是引入装备、技术、经济等领域的专家型人员和机关管理人员。

研究中，可以采用体系演化仿真的研究方法。具体过程是首先对作战需求、技术发展和经费投入进行分析预测，然后再通过仿真系统的探索性分析，获得探索空间中若干可行的方案。

第三步，验证、评估规划方案。

主要任务是：对提出的方案开展分析与评价。将探索出的可行方案，代入到

建立的具有前瞻性、近似实战的对抗环境，通过虚拟实践，检验各种组合能否打赢，能否实现跨越，是否经济且能效费比较佳。通过综合权衡、取舍和优化，协调处理装备建设中各种矛盾关系，获得满足约束条件的、相对最好的几个方案及其根据不同优先准则的排序。

该阶段以定量分析为主。关键是引入军事、经济、技术和管理方面的评估人员。

研究中可以采用基于体系综合价值的评价方法。对于综合价值较高的规划方案，可以通过体系演化仿真过程，分析研究不同时期装备体系的数量结构和费用结构，并且能够在体系对抗仿真的支持下，通过体系效能评估来分析研究装备体系的效能结构。

值得强调的是通过体系演化仿真，还能够分析装备体系的年代结构，即装备体系随时间的演变特征。通过年代结构的研究，可以分析数量结构、费用结构和效能结构随时间变化的稳定性，便于通过规划，保持海军武器装备持续、稳定地发展。

第四步，综合集成研讨，确定上报方案。

主要任务是：对于前阶段产生的较优方案，开展进一步的综合集成研讨，必要时反馈到第一步，对建设目标进行修正。通过第一步至第三步的循环，形成上报的规划方案及相应的文字、声像论证材料，供上级决策。

这一步，除了参与论证的各方面核心人员外，最好能邀请到海军和总部等高层决策、管理者参与，便于尽早形成可供决策的方案。

以上研究是一个循序渐进、循环往复的过程，每一步都充分地体现了以人为主，人员、工具和信息的有机结合。通过领导层、管理层、专家层等的参与，全局运筹、系统优化；权衡取舍、趋利避害；积聚智慧、综合集成。通过从理论到虚拟的实践，确保对海军装备体系这样的开放性复杂巨系统，实现科学决策、科学发展。

四、结束语

综合集成研讨厅理论有助于我们抓住事物的本质，有助于验证、纠正、完善和升华我们对事物的认识。综合集成的过程是学习的过程，向环境学习、向对手学习、向群众学习、向有战略全局思想的领导学习。综合集成的过程也是一个探索的过程，探索现实、探索未来、探索事半功倍的科学方法，并达成“接近真理”这个综合集成的终极目标。我们将结合研讨厅的建设与运用，通过实践、认识、再实践、再认识，不断深化对综合集成研讨厅理论的理解和应用，进而不断提高我们的论证研究水平。

参 考 文 献

戴汝为，操龙兵. 综合集成研讨厅的研制. 管理科学学报，2002，5 (3).

戴汝为. “人机结合”的大成智慧. 北方工业大学学报，1996，8 (3).

戴汝为. 复杂巨系统科学——一门21世纪的科学. 自然杂志，2004，19 (4).

钱学森，于景元，戴汝为. 一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志，1990，13 (1).

钱学森，于景元，涂元季. 创建系统学. 太原：山西科学技术出版社，2001.

钱学森. 基础科学应该接受马克思主义的指导. 哲学研究，1989，10 (1).

钱学森. 再谈开放的复杂巨系统. 模式识别与人工智能，1991，4 (1).

智慧的钥匙——钱学森论系统科学. 上海：上海交通大学出版社，2005：4.

第九章　航天事业发展的战略思想

第一节　钱学森带领我们走过从导弹到卫星的路*

钱学森作为我尊敬的师长，从他带领我们研制中国第一枚导弹、第一颗人造卫星开始的几十年历程中，他一贯提倡并认真坚持的以科学的态度，一切从实际出发、一切注重实践，坚持真理、实事求是的学风和品格一直影响着我。

1958年4月，我结束了在苏联茹柯夫斯基空军工程学院的学习，回国后组织上安排我到当时国防部第五研究院一分院导弹总体设计部工作，直接参加了中国导弹从仿制和改型设计以及之后中国自行设计研制的导弹总体工作。当年听钱学森给我们讲导弹基础知识《导弹概论》，他用深入浅出的方式将复杂的尖端技术、深奥的导弹理论阐述得清清楚楚的情景至今仍历历在目。

在国家做出发展导弹决定后的具体实施方法研究中，钱学森提出要按照国家当时的实际情况，由浅入深，一步一步做起，首先仿制，然后改型，循序渐进，积累一定经验后必须走自行设计、自行研制的道路。他在组织科技人员翻译和消化苏联的图纸资料、派遣技术人员向苏联专家跟班学习时，强调按照聂荣臻元帅所说，“要通过仿制，‘爬楼梯’，大练兵，向独立设计的方向发展”。他认为，从仿制入手到自行设计应该是灵活的学习，而不是死板的学习，要通过仿制把整个研究院的工作和制度建设带动起来。

钱学森在我国导弹研制初期经常强调科学管理的重要性。40多年前，他就提出科学管理是系统工程的主要组成部分的论断，现在回想起来在当时是多么的难能可贵。钱学森注意到，通过仿制要把五院的科研管理和各种规章制度建立起来。针对导弹总体工作，他提出要严格研制流程，要采取切实可靠的节点管理。当时我具体负责导弹总体工作，总体部在此指导思想下，制定了中国导弹研制的第一部管理流程。该管理流程在当时明显提高了研制工作相互间的协调性，为产品的正确设计、设计原理正确性的审查验证、数据准确性鉴定、设计质量管理、方案目标管理、人员管理、生产阶段的质量管理，以及在做好预研工作基础上的地面试验、型号研制试验中的管理奠定了关键的基础。

---

* 本节内容是孙家栋在2005年11月11日《中国航天报》钱学森归国50周年纪念专版的文章。孙家栋系中国工程院院士，2009年国家科学技术特别奖获得者。

在组建中国空间技术研究院时，钱学森着眼于科学事业的未来，大胆启用和培养年轻人。1967 年盛夏的一天，我接到了经钱学森推荐、聂荣臻元帅批准的调我到中国空间技术研究院负责组建和领导空间飞行器总体设计部，并担任第一颗人造卫星技术总负责人的通知。由于钱学森的点名推荐使我从导弹总体研究走进我国第一颗人造卫星的研制行列。在钱学森的指导下，众多科技人员经过艰苦奋斗，完成了我国第一颗人造卫星研制和发射任务，并在实践中培养和造就了我国第一代人造卫星技术专家群体。

钱老历来坚持大型科学试验要首先从系统工程的角度抓好大系统总体、分系统及子系统的总体思想。他提出，搞总体工作的人知识面要宽，要既懂工程上的问题，还要有比较广的科学知识，要尽快培养出一批卫星总体设计人员，尽快建立一支卫星总体设计队伍。他超出人们的习惯范围，给我们这些年轻人从技术攻关、总体设计等各个方面加码，凭着当时的那么一股子冲天的干劲，使我们在挑大梁的过程中有了实践的机会。

当时钱学森任空间技术研究院院长，他经常身体力行地为我们做表率，亲自编写教材为我们讲授《星际航行概论》。该书是我国影响很大的第一部航天技术学术专著，大批年轻的科技人员是通过学习这部专著踏上航天之路的。钱学森根据聂荣臻元帅在研制导弹时强调的“凡是科学技术上的事，只能由科技人员定，其他人不能干预”的意见，向技术人员提出在技术问题上要勇于承担责任，要敢于明确发表自己的见解。当时他的工作非常繁重，为了充分发扬技术民主，他在很长一段时间里坚持每个星期都要找出时间和我们研究重大技术问题。

他经常说，我们搞卫星这样的尖端科学技术，强调自力更生，既要一切从中国的实际出发，还要有明确的实际应用价值。在这种思想指导下，我清醒地认识到，作为卫星研制这种大型任务，必须实事求是地考虑总体的协调性。由于某些技术还处于理论研究阶段，尚不具备应用条件，就必须根据当时的进展情况，在卫星总体方案中进行调整和简化，在满足基本技术指标，保证航天发展实用性、急用性和技术功能的同时，一定要解决发展航天的基本技术，为加速发展下一个型号打下基础，即在研究第一颗卫星时就想到如何与发展规划衔接。

东方红一号卫星反映了当时我国的经济、科技、社会和军事能力发展水平，是国家综合实力的重要标志。东方红一号卫星发射成功后，在钱学森的支持下，我又先后担任了多种型号的总设计师。在工作中，我从他那里学到了科学思维方式和科学工作方法。针对航天工程系统复杂、技术密集、可靠性高、综合性强、风险性大、研制周期长等特点，注重抓系统性、目标性、整体协调性和最佳性的原则，一切从总体目标出发，设计方案力求正确、可靠，最终求得总体合理、确保成功。

科学研究要有超前意识，要有前瞻性，这是钱学森的又一重要思想。我曾多

次听他的讲课，至今记忆犹新。20 世纪 60 年代，他就说现在的战争讲“地、海、空”，还应当加一个“天”，叫“地、海、空、天”，将来的战争必然会发展到空间。他当时的科学预见现在已经得到了验证，也使我认识到了科学创造和发展是永无止境的。

1990 年 8 月 14 日，钱学森发表了《要从总体上考虑并解决问题》的文章，提出了“要研究如何把人造卫星技术用于建设 21 世纪的社会主义中国”的问题。他指出：“关于人造卫星技术怎样为 21 世纪社会主义中国的建设服务的问题，我觉得要研究。我建议，要用社会系统工程的方法来研究这个问题。”这一重要论断，要我们高度重视人造卫星技术在我国 21 世纪现代化建设中的特有的巨大作用，必须要用社会系统工程的方法，认真研究和努力实践，使其发挥越来越大的作用。

第二节　钱学森发展中国航天事业的战略思想*

钱学森在导弹领域的造诣是世界公认的。他在应用力学、空气动力学、固体力学、火箭技术、喷气推进、弹道理论、自动导航、工程控制论、物理力学等众多涉及导弹的重要专业领域，都作出了杰出贡献。

1948 年祖国解放事业胜利在望。钱学森以其崇高的民族气节，认为学成回国报效祖国时机已到，相继辞退了在美国空军、海军的职务，准备回国参加新中国的建设。但是，竟遭到了美国政府长达五年的种种迫害和阻挠。他矢志不移，最后巧妙地摆脱特务监视，捎信给祖国请求帮助。周总理得知后，当即授意与美方在中美大使级会谈中交涉。这样，他终于在 1955 年 10 月离美回国。

回到祖国，党和政府请他先赴各地看看，了解国情。当时，中国刚从抗美援朝战争中胜利，开始了全面建设。中国电子工业连电阻、电容、电子管都生产不出来，雷达、坦克更不行了，一切只能说尚在筹建中。至于建立在这些工业基础之上的尖端导弹工业，条件之不成熟、难度之大就可想而知。钱学森赴各地参观，到了哈尔滨，在参观中国人民解放军军事工程学院时，院长陈赓大将一见面，第一句就问他“中国人能不能搞导弹?”他作了肯定的回答。

1956 年春，毛主席接见了他。随后在周总理鼓励下，钱学森写了意见书，提出了我国火箭、导弹事业的组建草案、发展计划和具体步骤。中央立即决定成立国防部导弹研究院（五院），任命他担任院长。从此，他在周总理和聂荣臻元

---

* 本节作者陶家渠在 1960 年 3 月北京理工大学无线电系雷达专业毕业后，分配到国防部第五研究院在钱学森同志身边工作，任学术秘书。曾任中国航空航天部科技司副司长，中国航天工业总公司中国航天电子基础技术研究院院长，七机部科学技术委员会专业组副组长。

帅的直接领导下，开始了中国航天事业的创业工作。

钱学森呕心沥血，严密组织，瞻前谋略，领导中国航天事业，终于使中国航天跻身世界先进行列，取得了举世瞩目的成就。

在即将迎来钱学森一百周年诞辰之际，回忆在钱老领导下，中国航天事业是怎样走出了一条中国自己发展道路之时，如果能尽力试试，把钱学森领导中国航天事业发展的战略思想，较好地概括表述，也许是纪念钱老应该做的！

一、从中国军事战略需要出发，中国应优先发展航天

如果按世界军事发展的一般规律，世界军事工业和军事科学技术发展的一般规律，我国应先发展航空，再发展航天。但是，钱学森分析了中国当时国民经济的实力，中国科学技术的实际状况，特别是分析了中国军事战略的需要后，果断地指出，发展航空科技工业，难度大；发展航天科技工业，难度小得多。从中国军事战略需要，应优先发展航天科技工业。这一重大战略见解，被中央理解和采纳，为我国早日实现两弹，使祖国能争取到一个长期和平的建设环境，有着重大和深远的意义。

二、发展中国航天是举国的事业

钱老深知以中国导弹为代表的航天事业是一项举国的事业。党中央毛主席也理解这是全党全军全国的事业。因此，钱老坚信最根本的是必须紧紧依靠党的领导和全国的支持。

建院之初，党中央、国务院决定全国“开绿灯”，全力支持五院。

五院党委集体遵照聂荣臻元帅指示，“在科学技术问题上，钱学森说了算”，其他方方面面的工作都围绕“搞出导弹”这个中心分头负责。聂帅自己也宣布当好“后勤部长”。

钱老带领全院坚决遵循着经毛主席批准的“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的建院方针去创建。

钱老决策的所有重大问题都严格提交党委讨论通过，更大的问题都报请中央决策。如 20 世纪 60 年代初，国家经济遇到了很大的困难，五院工作也作了收缩调整；在党内军内有各种意见时，中央果断决策“两弹为主，导弹第一”，极大地鼓励了航天事业的发展。在钱老的领导下，1963 年研究制定出地地导弹系列、地空导弹系列、海防导弹系列等技术发展途径后，经党委讨论报中央批准，成为后来几个五年计划的依据。

三、中国航天事业的发展必须始终不渝地坚持自力更生

中国航天事业是钱学森向中央提议开拓发展的事业，他始终不渝地领导我们

坚持独立自主、自力更生。1956年建院之初，西方封锁，苏联也认为中国太落后，谈不上设计生产导弹，所以也不得不自力更生。

全院除钱学森外，谁也没见过导弹。为此钱老带头讲授“导弹概论”等许多课程。在翻译国外出版的导弹火箭书籍时，专业名词也都经他一一推敲，给出译法。他提议成立作战研究处，研究各类导弹指标体系。他提议成立技术处，专门对口科学院、高等院校、工业部门、军队部门，提请他们大力协同众多的研究课题和生产产品。他提议在军队司政后编制外增设科学技术部，从事研究设计试制试验工作的总体和组织领导。因为这样的编制国外也没有，当时大家称之为“天下第一部”。为研制方案，钱学森请科学院、高校专家共商。在组建五院过程中，许多技术骨干都是在他提名下请来投身于航天的研究工作与担任领导岗位。

经中国政府与苏联政府谈判，到1958年，苏联终于答应提供我国仿制苏制几种近程导弹的资料，当然他们不会提供设计资料。因此，钱老便引导大家开展“反设计”，从分析苏联导弹的使用性能中，去揣测人家的设计方法，以达到我国自行掌握这些导弹的全部设计本领。这就是航天有名的对仿制产品的“反设计经验”。这是真正的引进消化吸收的经验。

然而，就在我们投入力量开展仿制之时，钱学森仍然部署最优秀的研究设计主力，留在自行设计中国自己设想的导弹的岗位上，继续开展着自建院以来开创的中国自己导弹的设计思想与方案。所以，当时的五院有两支科研队伍在成长，坚持自力更生为主，探索中国自己独立自主发展的捷径，开展诸多导弹的自行研究设计。

1960年中苏关系破裂，钱学森领引大家以聂老总“卧薪尝胆，发愤图强”，以报国耻之斗志，继续走自己的路。正是由于我们经过“反设计”，取得了设计主动权，在苏联人撤走，并对我国实行原材料元器件封锁时，我们的设计师就迅速提出解决方案，使我国仿制产品全部自力更生、立足于中国工业基础，建设了我国航天工业的初步基础。

钱学森从航天组建第一天起，就没有想步外国航天发展道路之后尘，也不迷信外国失败之禁区，带领着大家，坚持自力更生走出了一条适合中国需要的道路。

四、中国航天产品的技术战术指标，应一切从实战出发

钱学森1989年8月指出：对于我国社会主义事业的发展，关键是要讨论、选择和决策“干什么、不干什么、怎么干”。这正是他在领导中国航天事业发展的成功实践中，得出的发展战略思想。

搞航天产品型号，干什么，不干什么，必须在深思熟虑后给出旗帜鲜明的答案。而给出这一答案，钱学森遵循的出发点或者说唯一衡量的尺度就是一切从实战出发。

导弹武器是用于打仗的。当时，苏联人卖给我国的是第二次世界大战中从德国缴获的V2火箭的苏联改进型，推进剂是酒精和液氧。导弹发射前，要从液氧车里把液氧一点一点地加注到火箭里，然后才能作战。液氧要挥发，战机不能等待，发射晚了液氧就挥发了。导弹飞行的横向控制是靠沿着两个无线电波束的中心线飞行，两束无线电波，是靠地面无线电车辆，并依托导弹正前方一大片平地来实现。地不平，波形畸变就瞄不准目标了，很不适合实战。当时美国正在研究的洲际导弹，采用的推进剂和制导的方案有好几种，都投了钱，几种方案都干。中国的导弹采取什么技术战术指标，在钱老谆谆教导下，统一大家思想，一切从实战出发，采取可储存推进剂，采用完全不用无线制导的全惯性制导，从根本上排除了易遭敌方干扰的无线电制导；从根本上排除了那些采取不可储存推进剂，不能随时即刻的导弹发展路线。我们选择了当时难度最大，但最有利于我军作战的技术路线。制导用的计算机也从地面，经集成电路化后装进了导弹。技术路线一步走到了世界前列，外国的许多弯路不走了。这就科学地论证回答了中国干什么和不干什么的问题，并且由此而形成我们从中程导弹、远程导弹到洲际导弹系列继承发展的巧妙路线。一切技术路线都服从于实战需要。

五、中国航天技术发展途径的寻求，必须坚持技术民主集中制

在导弹领域，钱学森是大家公认的首屈一指的行家。为了回答中国航天怎么干，怎么走出中国航天自己的道路，钱老比谁都清楚中国很穷，经济力量很薄弱，工业基础很落后。因此，怎么不辜负党中央和全国人民的厚望，怎么最大限度地节约经费，研制生产出符合中国国家战略，有自己特色的先进武器是最重要的事情。因此，他全身心地投入了如何走中国导弹发展道路的研究。

对于中国航天怎么发展，他有自己的想法，有许多规划性经验公式和曲线，掌握了一套从大处和远处设想科技发展的方法。但他总是发自内心地一而再、再而三地强调导弹是个大系统工程，所需专业知识很广很广，一定要依靠大家一起集思广益。

他要求大家特别是技术领导、技术骨干、技术尖子都必须认真研究分析国外在相应专业技术领域的各种道路、想法、识别报道的真伪，不要盲从照搬。他号召大家“海阔天空”敞开思路，有创意、有预见地提出中国自己应怎么发展的具体道路；以集体智慧来回答中国航天“干什么，不干什么，怎么干”的问题 。对此，他是以身作则，同一位又一位的技术领导、技术骨干，面对面地细细讨论走过来的。

钱老不仅作面上布置，还分步骤地一个专题一个专题地深入到基层，去指导、去提问，并与大家一起讨论。为了使技术路线讨论研究得更深透、更无拘束，他开创了星期天下午在他家的工作室，开专家“讨论例会”，对不同命题，

请相应专业的专家来共同商讨。讨论的问题包括导弹系列化模块化发展专题、发动机推进剂走什么道路专题、发动机方案及其原理性突破的验证试验专题、惯性制导的发展道路专题、地面计算机升为弹上计算机专题等。他规定“议定的事要执行，发现差错则要尽快改正”。讨论是畅所欲言的，如我们当时对地地导弹系列发动机及推进剂，拟选择走可储存推进剂的路线。这是当时苏联人实践后的禁区，这种燃烧不稳定问题也是国际上的难题。经钱老引领大家研究后，提出了设想，经大家攻关，得到了解决。又如，研究采用什么惯性器件的讨论会上，大家甚至连苍蝇在空中停留的原理都议论到了，一直议到由于当时电子元器件体积重量太大而暂时不可接受。随后事隔多年，由于半导体技术突飞猛进，钱老再次提出应该启动了等。这样的一种集思广益、瞻前谋略、充分发扬民主的方式方法，是卓有成效的。这对指导中国航天的发展起着重大作用。事实上，按此做出的发动机、国产集成电路的微计算机等，与当时世界水平相比并不逊色。

钱学森不但信任年长的专家，也放手让年轻人发挥他们的聪明才智。例如，海防导弹的技术发展途径，他就在听取年轻人意见后，让其执笔起草。我国自行研制可打高空高速飞机的地空导弹，需要靶机，国外原本同意出口，但后来又不答应了。在此关键时刻，年轻人提出自行研制一种靶弹来代替靶机，飞得更快，价格更便宜的建议。他给了全力支持，要其带了初步设计的方案，征求导弹试验靶场同志的意见，然后组织力量研制。

在专家们初步统一了对“各类导弹系列技术发展途径的战略目标”认识之后，钱老还坚持发动更多的骨干群众来进一步充分讨论，以求更加充实完善，并且统一职工的思想、振奋精神，以便一旦党中央批准后，持之以恒地向既定目标毫不动摇地坚持干下去。实践证明，钱老始终坚持走群众路线，坚持“领导、专家、群众”相结合的技术民主集中制原则。从战略上，为我国航天发展走对路子，省人省时省下了大量经费。

在技术上充分发扬民主，“走群众路线，寻求中国自己的技术发展途径。”钱老始终把这视为中国航天成功发展的法宝。在20世纪末，他还捎话，提醒当时航天部门的各级领导用好这条重要经验。

六、发展中国航天，领导应身体力行，并且不停顿地经过培养、调整、选拔，造就一支热爱祖国、专业对口、技术精湛的人才队伍

航天事业需要成百位各类专业带头人。一把钥匙开一把锁，身负领导重任的钱老，把选好各类专业的带头人视为他头等重要的工作之一。他十分重视造就一支专业齐全的热爱祖国、技术精湛人才队伍的建设，并且随着航天科学技术的向前发展，还要不断地发现新专业人才的需要，从而培养选拔新的人才，特别是选好各类新专业的学科带头人。

钱老用了很多精力，通过找各类专家谈话，讨论相关的科学技术问题，阅读他们的报告，从中了解对方的想法、兴趣、专长和基础。他还要求身边的助手，在努力钻研和拓宽专业知识的同时，也要通过技术讨论的方式，了解领导骨干、技术骨干、技术尖子的想法、兴趣、专长、乃至数学英语等基本功。他还规定每双周的周五下午向他汇报对航天各种战略发展的思想和骨干人才状况，并敞开思路讨论。因而，在钱老领导下的五院，呈现出的是自上而下学术气氛非常浓厚的环境。各级技术领导和骨干，都以能提出自己的战略思维而欣慰，都以讲不出太多学术见识而愧疚。

钱老不仅注重关心和培养各类专业的带头人和年轻尖子，更重视导弹设计师队伍的人才建设，特别是领头人和领导班子的专业知识结构及其技术思路，考察他们能否真正抓住该导弹系统的主要矛盾，及其是否具备更多的解决主要矛盾的技能。对不适应的，在经过深思熟虑后，就果断提请党委决策，从组织上加以调整，以适应经济基础，并指定专人以理服人地加以贯彻。

及时果断地调任最能胜任解决该工程主要矛盾的对口专业的专家来从事领导工作，是钱老的人事思想核心。

航天事业是一项不断与时俱进的事业。解决了一个大工程的主要矛盾后，又接着要去解决下一个新的大工程的主要矛盾。因此，钱老要求航天事业的各级领导者永远需要走在科技发展的最前沿，肩负起领导的责任，一浪一浪地推进中国航天事业不断向前发展。钱老身体力行始终走在中国航天科技发展的最前沿，发挥了他的领导才能和艺术。他在领导大家制定了导弹系列技术发展途径后，就超前集中精力去研究洲际导弹弹头再入的防热问题。在这个问题有了解决方案和措施后，他又领着去研究导弹突防的问题等。

1958 年，我国导弹研制工作展开后，兼任中国科学院力学所所长的钱老向中国科学院建议开展卫星的研究。为此，科学院成立了以他为组长的领导小组。1961 年在钱老和赵九章的倡导下，举办了 12 次星际航行座谈会，制定了规划，安排了预先研究。在国家经历了三年自然灾害经济困难压缩发展之后，他于 1965 年向国家建议人造卫星列入国家任务。而此刻，他已经将运载火箭的研制任务与导弹研制任务作了统一的前瞻性安排了。他带领着大家相继攻克卫星和运载火箭技术中一个又一个重大的关键技术，排除万难使我国第一颗人造卫星上了天。

1964 年毛主席指示搞反导弹任务后，钱老又一次次地走在科技发展的最前沿，学习研究崭新的领域，想在大家的前面，去领导完成新的反导弹研究的任务。

七、倡导十分严谨的科学作风，和勤俭节约的风尚

钱老非常严谨的科学作风是众所周知的。与他谈话，向他汇报工作的同志，如果对某一问题，用“大概”、“可能”的字眼去阐述，是不能搪塞过关的，将会受到他反问式的批评：“你是科技工作者?!”没有把握的问题，有几分主观臆测的含义，都是不允许拿到桌面上浪费时间的。

钱老号召大家学习德国终身科学家那种严谨的科学作风，把机理彻底搞懂的钻研精神。他不主张学习不少美国人那样因为钱多，常常不求甚解凑凑合合动手就干的粗糙而导致不断返工的作风。他还反对“小炉匠”作风。

钱老个人生活是非常俭朴的。他心中时刻更关心的是如何在技术上做到用最少的钱来发展航天事业。导弹鉴定与定型时打靶试验的发数，美国、苏联每种型号都要打掉近百发，耗资巨大。钱老要求加强科学研究，做到有根据地最大限度地减少打靶数量。他强调全力开展模拟打靶工作并亲自指导其开展，同时还专门调请了统计数学的教授来领导试验方法的理论研究，终于以非常少的发数，科学地达到了目的，为国家节省了大量经费，使部队及早得到了装备。

八、用系统工程方法，不断研究和提高科学管理水平

建院之初，钱老按系统工程思想成立了总体室和九个专业研究室。后来，导弹设计研究任务分为地地、地空等不同系列型号时，每一类型号都建立了总体设计部。许多专业研究所里，也设立总体研究室。从而使每项工程任务都有代表全局的统一构思、统一计划，形成了全套相互制约的岗位责任制。为了有利于跨行政部门的技术协调，设置了总设计师系统，形成层层的技术指挥责任体系。钱老系统工程总体部的思想，对航天事业的发展起了重大推进作用。

1961 年底，钱老在基本明确了各类导弹系列的技术发展途径后，在对科研队伍作出了重大调整安排之后，钱老说“我现在‘改行’研究科学管理了”。为了改变 1958 年以来“边研究边设计边生产边试验边定型”的头脑发热局面，钱老亲自带着身边的同志集中精神研究导弹武器管理的核心“研制程序”。在研究分析了美国和苏联的导弹研制步骤之后，他强调从中国自己的情况出发，遵循辩证唯物论和认识论的规律来研究导弹研制程序的规律。如“对不认识的关键技术，应首先投入少量经费加以攻克；对有把握较成熟的技术项目，则应挪后展开安排……”从而，提出了中国导弹的“研制八大阶段”和超前开展的“预先研究”等概念和内涵，制定了法规性“条例”，以规范全院职工的行为。为了充分听取广大骨干和职工的意见，统一大家对科学管理的认识，他关照把文稿印发人手一册，请大家参加讨论，人人动手修改一份，并阐明修改理由。修改的意见汇

集在一起有 2 米之厚（当时纸张差很薄）。经过逐条逐句分析研究，提出取舍的解释，最终形成"五院根本大法（七十条）"加以贯彻。现今世上有 ISO-9000，我们早在此前就有一个类似的章法。正是这样的科学管理，加强了责任制度，节省了经费，大大加快了导弹研制进程。

年轻人从国外资料中看到美国北极星导弹由于采用 PERT 技术（我们叫计划协调技术），可以按时完成导弹研制任务。钱老就要求他们赶紧摸清提出研究报告，提交党委通过，并亲自动员试点。1962 年试点成功后，要求在全航天推广，后来搁置了一段时间。十一届三中全会后，钱老立即要求将之开展起来。这样先后为导弹、卫星和运载火箭的科学计划与调度决策，起到了重要作用，保证了洲际导弹等任务的按时发射和定型。后来，他又进一步提出要求解决多任务的计划协调技术难题。

他对技术管理部门的要求是很严的，标准也是很高的。首先要求他们善于"出主意和用人才"。他反复强调机关"不能人云亦云，要熟悉航天专业，要有自己的创造性见解"。例如，在论证导弹战术技术指标与方案过程中，基层通常会有多种不同的设想；作为总设计师的他，总是要求机关从技术上阐明理由，提出自己的分析和看法，许多意见经他权衡后采纳。又如，机关同志在阅读苏联按我国要求编制的基本建设规划资料（苏联实际上没有这些机构）中，发现资料中曾出现过"抗干扰研究室"几个字眼，但没有再多一个字的叙述。为此，提出了一份"开展我国导弹抗干扰研究的建议报告"，他便立即责成组建落实，并定期向他报告进展。这为后来，我国地空导弹屡屡击落敌机打下了基础。

用系统工程思想方法，不断研究调整航天管理体制结构、不断探索新的科学管理方法并付诸实施、不断提高航天领导者和领导机关管理人员的管理素质，是钱老领导航天又好又快又省不断前进的战略措施。

九、发展中国航天，必须同时构建全国科研生产试验的基础协作体系

航天事业是国家科技工业体系的一个有机组成部分，不是直接从事航天产品设计与生产的几个研究院或几个生产工厂所能做到。从新型原材料、电子元器件、仪器仪表、精密机械、大型设备、测试技术、计量技术等，聂老总称之为"开门七件事"，都需要全国各相关部门围绕航天总的目标，大力协同协作配套，方能实现。它涉及全国几乎所有省、市、自治区，上千个工厂企业、研究机构和高等院校，成千个项目。尖端事业包含的大量的工作必须从基础研究、基础材料、基础原料的试制做起，许多大型精密复杂高难度设备都是从零做起，无国外产品可参考。中国发展航天始终是处于国外封锁的逆境之中，因此在国家各相关部门与行业，构建立足全部国产的协助航天发展的基础工业体系是中国航天事业

发展的密不可分的重要组成环节。所以，必须自力更生独立自主地在全国相关行业，形成和建立一整套与航天协同的科研生产试验体系。而处在直接受领中央发展航天事业的钱老，在兼职于党政军管理的周总理和聂荣臻副总理等全力支持下，肩负起了组织全国航天相关协作配套队伍的重任。

为了发展中国的航天，钱老放眼全国，非常注意依靠和调动全国优秀的力量。从中国科学院、高校到冶金、化工、建材、纺织、铁道、教育、机械部、军事部门等，他都请求大家支持帮助，和他们一起商量发展的技术途径。他善于科学地把航天的基础研究、应用研究、工程开发预先研究、产品研制、批量生产、大型试验等任务一一分解成大家的任务，又有机地把这些成果衔接起来，严密地组织以求发挥从中国科学院、高校到各工业部门和军事部门的各自优势，避免重复劳动，组织形成中国国家的航天科技工业大系统工程体系。

为此，钱老始终给予了有力的指导。例如，为了自行研制中远程导弹，需要高性能的靶场光学经纬仪观察设备，钱老建议国家请科学院牵头组织队伍攻关。为协调该工程的指标、技术与进度，他将办公室设在五院，由他亲自指导。后来，这种有效的组织领导形式，向越来越多的专项工程任务拓展，扩大到了许多工业部门。例如，为发展我国自己探索研究的固体火箭，钱老建议国家请第一机械工业部研制固体推进剂的搅拌机，研制大直径发动机端盖的成形设备等，办公室也设在五院，也由他亲自指导。

对于全国各部门的大力协同、无私奉献，钱老始终十分感激。他也常常为承担航天任务的研究院所和工厂着想，为他们得益有限而不安。

钱学森同志以其前瞻的技术谋略、严密的科学组织，呕心沥血，为开创和发展中国航天事业，立下了丰功伟绩，树立了光辉的榜样，也为怎样发展我国高科技，提供了宝贵的经验。钱学森同志以其对党和国家的忠诚，以其孜孜不倦地钻研和敏锐思索，履行了一位先进生产力代表的中国共产党党员的职责，成为中国航天事业当之无愧的开创者、缔造者、领路人。

参考文献

国务院、中央军委. 关于授予钱学森同志“国家杰出贡献科学家”荣誉称号的命令. 人民日报，1991-10-14 (1).

江泽民. 在授予钱学森同志“国家杰出贡献科学家”荣誉称号仪式上的讲话. 人民日报，1991-10-16 (1).

钱学森. 一切成就归于党归于集体. 人民日报，1989-8-8 (1).

陶家渠. 严密的组织 瞻前的谋略——中国导弹、卫星的先驱者钱学森//钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集，2001.

王寿云. 钱学森传略. 人民日报，1991-10-28.

第三节 钱学森与航天系统工程*

钱学森对系统工程的探索与实践，严格地讲，是在美国从事现代火箭、导弹研究的开创时期起步的。钱学森抱着科学救国的理想，远涉重洋到美国求学，选择了航空工程与工程力学的专业方向。他的研究领域十分宽广，但是他始终紧紧瞄准航空和火箭技术的发展方向。20 世纪 30 年代末，他就积极地投入到美国现代火箭、导弹的研究工作中，使其成为美国现代航天科技的重要奠基人之一。钱学森曾明确地指出："我是从搞工程技术走向科学论的……"。在各种工程技术中，对他形成现代科学观影响最深远的应当说是系统工程。在开创现代航天科技的实践中，钱学森不仅深深感受到现代工程科学技术的魅力，而且在这块高科技的沃土上，萌发了他的航天系统工程和现代军事科学的理念。可以这样讲：在钱学森从事工程科学与现代军事科学探索与实践的漫长岁月中，系统工程是其影响最深远的事业之一。

钱学森的系统工程理念虽然是在美国开始孕育的，但是航天系统工程理论、方法体系的建立是在回归祖国，在老一辈无产阶级革命家的领导下，承担起我国航天科技主帅的重任之后，与他的战友们在解决我国航天科技发展的一系列重大问题的实践过程中逐步完善，并走向成熟的。

一、钱学森的现代工程科学观

1936 年初秋，在美国加州理工学院，钱学森师从世界著名的航空工程与力学大师冯·卡门。1939 年取得航空、数学双博士学位后，钱学森成为冯·卡门的得力助手与合作者。在进行现代工程科学研究的起步阶段，钱学森就有幸对高速飞行器的"声障"、"热障"和"薄壳结构稳定性"等前沿性课题进行一系列开创性的研究，并有机会参与了美国现代火箭、导弹技术的开创工作，为其在 20 世纪 40 年代超前建立现代工程科学观，创造了得天独厚的条件。

通过近 20 年现代工程科学技术前沿领域的研究与教学实践，在导师冯·卡门现代科学思想的影响下，钱学森深刻地认识到：在现代自然科学与工程技术之间已经形成了一个独立的科学体系，即现代工程科学，现代科学与工程相结合对推动国家发展具有极端重要性，已经成为决定国家和国际事务的关键因素。

1948 年，钱学森发表了"工程与工程科学"的论文，明确地指出：当代，科学与技术研究已经不再是没有计划的个人活动，任何一个大国的政府都已经认识到，这种研究是增强国力和国民福利的关键所在，因此必须严密地加以组织。

---

* 本节作者赵少奎，第二炮兵装备研究院研究员。

钱学森还指出：纯科学的发现与工业应用之间的距离已经很短，留长发的纯科学家与理短发的工程师之间的差别也非常之小，他们之间的紧密合作需求产生了一种新的职业，就是工程科学家，他们在纯科学与工程之间架起了桥梁，运用基础知识解决工程的实际问题。在这一时期，钱学森向他的导师冯·卡门明确地提出“火箭导弹技术同其他类型的武器所要求的技术完全不同，必须委托给军事部门一个新的团体，要用新的军事思想和思想方法进行研究……”并建议美国应成立一个“喷气武器部”，统一组织领导火箭导弹技术的发展工作。可见，钱学森在开创美国现代火箭与导弹事业的过程中，已经逐步明确地建立起了现代工程科学的理念。

20 世纪中期，随着运筹学、一般系统论、信息论和控制论的出现，计算机、火箭技术等的发明，推进了一门崭新的技术科学——工程系统工程的形成。在这一进程中，钱学森在美国加州理工学院喷气推进实验中心（JPC）担任实验室主任，与 Goddard 讲座教授一同使 JPC 成为美国航天系统工程的重要发源地，并且于 1954 年秋，完成了《工程控制论》巨著。与此同时，他明确地指出：“一个社会主义国家搞建设，在如何进行组织管理，加强计划性方面，运筹学会起更重要作用”。这说明钱学森当时已经把握了系统工程最前沿的理论和方法，为回国后结合我国的实际，创建航天系统工程和现代军事科学打下了坚实的基础，进行了必要的理论和技术准备。

二、中国航天工程的组织管理

在开创我国导弹与航天事业的进程中，钱学森首先遇到的难题应当说不是导弹与航天技术开发工作中的具体技术问题，而是如何运用科学的组织管理方法，组建一个高效、有序的导弹与火箭工程开发组织管理系统。如何把成千上万的研制人员；数量众多的研究、设计、试制、试验和生产单位；难以计数的研究、研制和试验设备；数量巨大的研究与研制经费；要求严格、种类繁多的物质、器材，按照现代工程科学的理念，导弹、火箭和航天技术开发的总目标要求，协调一致的组织起来，有序地投入到导弹、火箭与航天工程系统的研究、设计、试制、试验和生产过程中去，也就是钱学森提出的建立一种“组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法”。

在创建我国导弹和火箭研制体系之初，钱学森就明确指出“健全的航空工业，除了制造工厂之外，还应该有一个强大的为设计服务的研究及试验单位，应该有一个做长远及基本研究的单位”。钱学森当时就清醒地认识到：现代复杂工程系统的开发与传统工程研制有很大不同（图 9-3-1），组织管理工作必须符合科学技术工作的客观规律，也要结合中国的具体情况，应当建立具有宏观谋划指导与系统设计运筹、控制与管理职能的总体研究机构。按照钱学森这一思想，借鉴

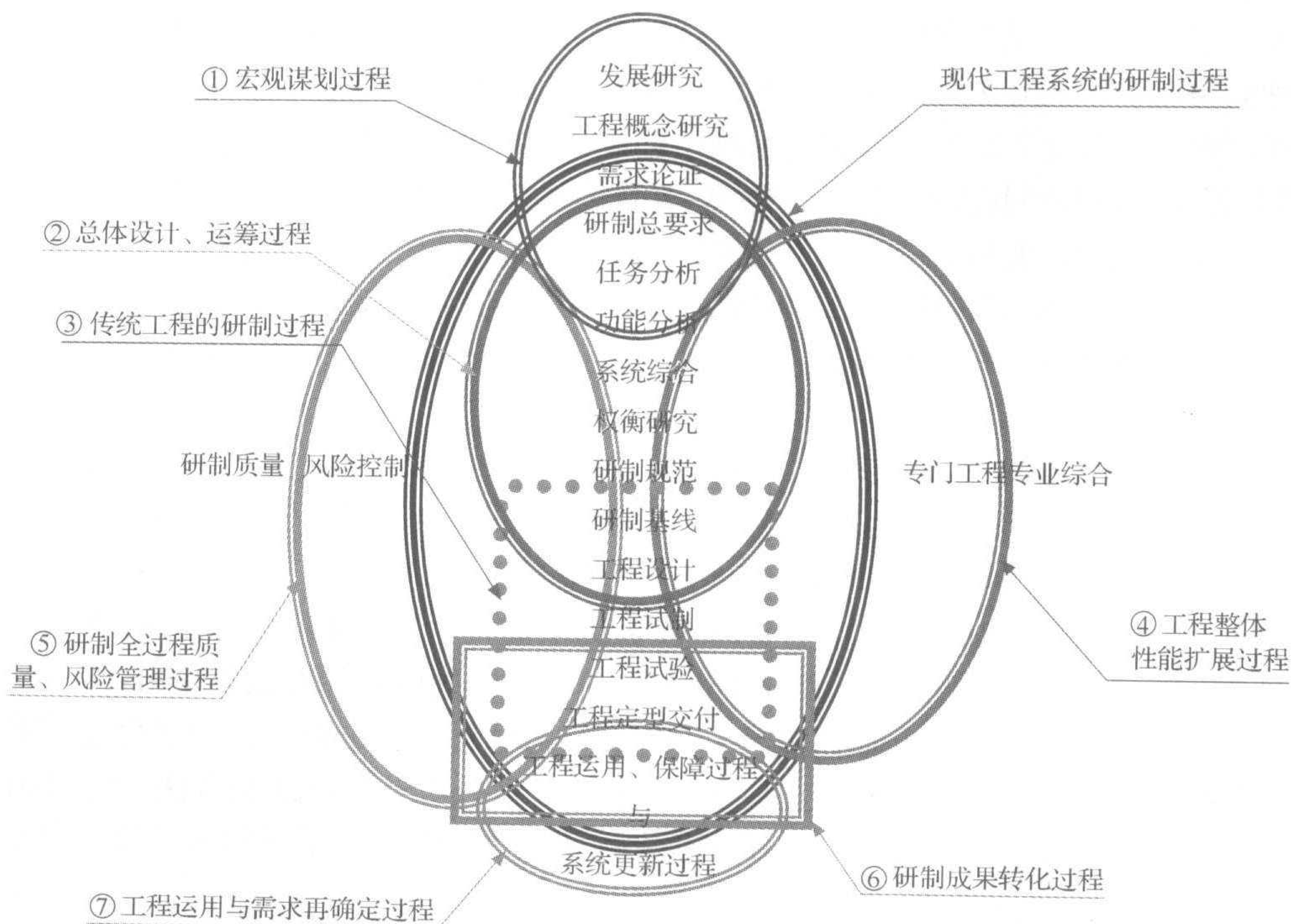


图 9-3-1　现代复杂工程系统的开发过程

苏联航空技术总体设计部的经验，我国导弹、火箭与航天技术研究院陆续都建立起总体设计部，以及相关专业研究所、试制与生产厂和配套的试验基地，形成了我国航天系统独特的组织管理体系，把钱学森对我国导弹、火箭发展的宏观战略谋划付诸组织实施。钱学森在总结我国导弹与航天工程研制实践中形成的，起着总设计师技术工作总参谋部作用的总体设计部的工作经验时指出："这样复杂的总体协调任务不可能靠几个人来完成，因为他们不可能精通整个系统所涉及的全部专业知识，他们也不可能有足够的时间来完成数量惊人的技术协调工作。这就要求以一种组织、一个集体来代替先前的单个指挥者，对这种大规模社会化劳动进行协调指挥。""他们不是几十个人，而是成百上千学科配套、专业齐全、具有丰富研制经验的高科技队伍。"总体设计部的人员通常按照工程任务和工程专业相结合的原则，既组成在工程项目任务周期内的任务协同组织（工程目标组织或型号队伍），又组成按工程专业性质建立起来的相对固定的专业技术支持组织（专业室），形成矩阵式的总体设计部组织结构。总体设计部工作的出发点和归宿都是获得总体优化的目标工程系统，设计系统的"总体"，即系统的总体方案、

实现整个系统的技术途径、提出对相关分系统的研制要求（规范），并贯彻到研制任务的始终。从而成为工程全系统、研制全过程的技术运筹与质量控制中心，这种新型的技术运筹、管理机制在我国航天工程系统研制工作中发挥了举足轻重、不可替代的重要作用。钱老明确指出："总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种科学方法就是系统工程"。这一成功经验，周总理生前曾经期望把它推广到国民经济建设中去。

在我国航天事业的起步阶段，周总理、聂帅就明确：技术决策由科学家负责。由于周总理、聂荣臻元帅身体力行，聂帅对当时国防部五院领导提出了明确要求，为形成著名的研制工作"两条指挥线"的管理机制奠定了坚实的思想基础。一个由科学家、总设计师系统组成的技术指挥线；一个由部门领导、总指挥系统组成的调度指挥线，两者都向部门领导和上级领导负责，相互协同配合。技术管理体现了以科学技术为基础的科学决策，保障了技术决策的科学化与民主化。计划管理体现了权利为基础的决策执行机制，保证了决策的有效实施，把技术管理与调度指挥系统有机地结合起来，实现了人力、物力和经费等资源的优化运用。这是在我国航天科技开创与大发展时期形成的一种新的现代化的组织管理机制，它渗透着周总理、聂帅的心血，凝结着钱老与老五院领导集体的智慧。在科学技术突飞猛进发展的今天，面对越来越复杂的航天科技宏观谋划与开发决策的诸多难题，我们应当清醒地认识到："两条指挥线"管理机制不仅没有过时，而且还具有新的时代内涵，仍然是现代系统工程开发管理的重要内容。

钱学森在美国时就提出的"喷气武器部"，在开创我国航天事业的过程中得以顺利实现。在党中央领导下，成立了"航空工业委员会"，后来组建了"国防科委"，形成了党中央决策层直接领导下的我国航天科技决策管理机构。在国防科委领导下，建立了我国导弹与航天科技决策实施机构——国防部五院，形成既有权威，又职责分工明确的三级决策（政治、宏观计划与技术、实施决策）管理机制。钱学森以其在我国导弹与航天科技领域首席科学家的独特地位，在我国导弹与航天科技开创与大发展时期，在我国导弹与航天科技三级决策管理机制中发挥了重要的技术咨询与技术决策的作用。

1958～1959 年间，美国在研制"北极星导弹系统"的过程中，提炼出一种叫做计划协调管理技术（program evaluation and review technique，PERT）的大型工程开发管理方法，取得了明显的成效。钱学森敏锐地认识到它的价值，1962 年，在他的倡导和支持下，及时地把它移植到我国导弹与火箭研制管理中来，结合我国的实际，进行了试点。1963 年，在研制战略导弹地面计算机的工作中，运用这种方法很快发现了研制短线，及时地采取了补救措施，使研制计划提前一个月完成。科学管理的成效，打开了人们的眼界，使系统工程管理技术很快在导弹和火箭参制单位全面推广，不仅明显地加快了研制与试验进度，而且更

有效地利用了我国有限的人力、物力和财力资源。80 年代，在完成我国太平洋火箭试验、水下发射潜地导弹试验和发射我国地球同步卫星等重大科研活动中，都采用了系统工程管理技术，取得了很大成功，并且推广到我国国民经济建设诸多部门，取得了重大效益。钱学森及时引进、推广，并结合我国的实际发展了系统工程管理技术。

恩格斯说过："一个民族要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维"。但是，进行理论创新，不仅需要脚踏实地的科学态度，不畏艰险的科学精神，还要有超出常人的自信心、勇气和智慧。在开创我国航天科技事业的长征中，钱学森提出了一系列有创见的理论思维，把理论创新、技术创新、体制创新和管理机制创新有机地结合起来。在周总理与聂帅的直接领导下，在钱学森现代工程科学技术理念的指导下，国防部五院（包括后来的七机部）领导集体明智、坚定、有效地强化了总体设计部在研制全过程全局性谋划与全系统综合集成中的技术运筹、协调和管理机制；推进了两条指挥线分工明确、协调配合的组织管理机制，实施了航天发展宏观谋划"三步棋"指导、航天产品"三阶段"研制程序管理、航天产品开发三个层次分级决策管理机制，并且大力推广了系统工程的理论和方法，使我国用最少的投入，比西方发达国家短得多的周期，走向世界航天大国的道路，创造了人类科技发展的奇迹。

三、中国航天发展的宏观谋划

面对我国航天工程开创与大发展时期的繁重任务，摆在钱学森面前的一个重要课题是导弹与航天系统宏观发展战略谋划问题（图 9-3-2）。复杂的航天科技发展宏观战略谋划，涉及时间跨度较长的科技发展预测、工业发达国家航天科技发

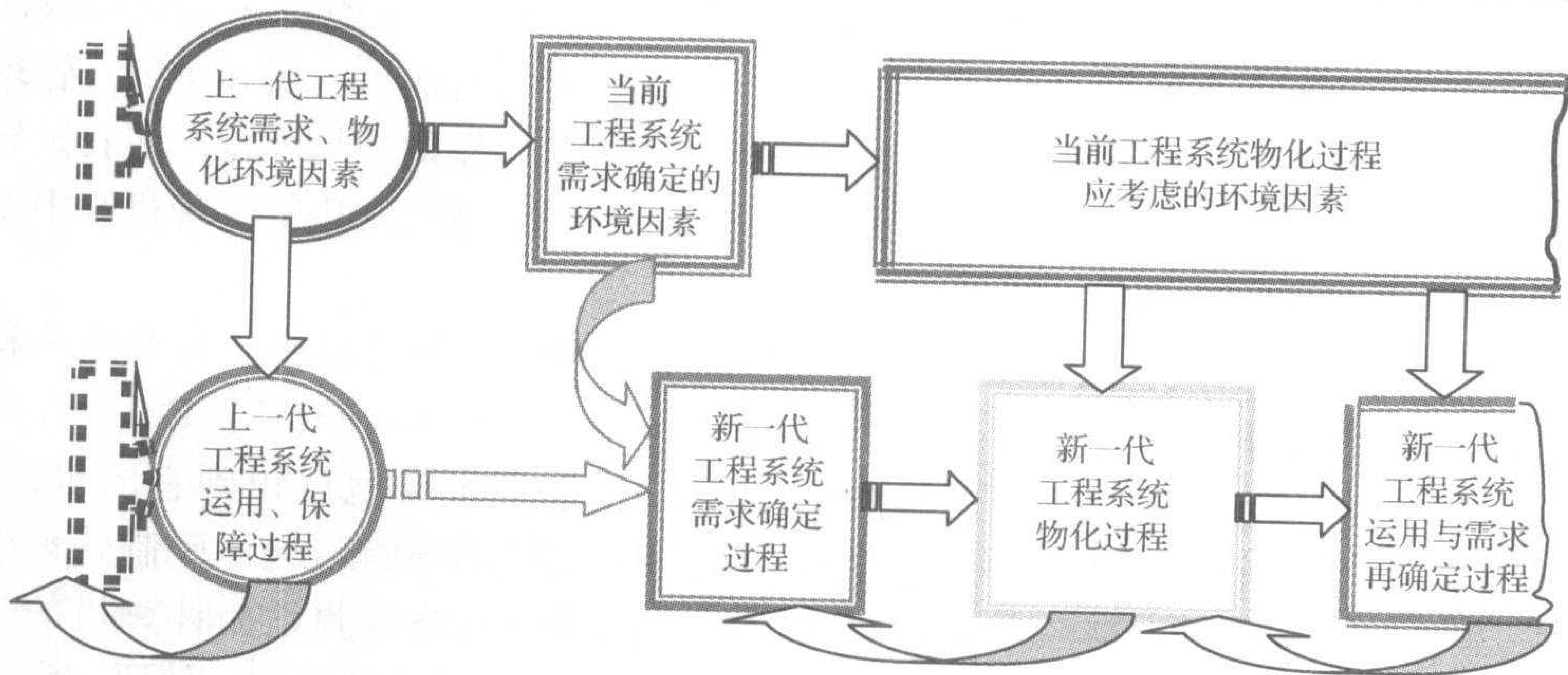


图 9-3-2　现代复杂工程系统开发过程示意图

展形势分析，我国科学技术与工业生产能力、发展潜力分析与预测，以及其他诸多相关环境因素的分析、综合与预测等复杂问题，是难度很大的研究课题。总结几十年的经验教训，世界各国都是组织国内最高水平的科学家、工程师担此重任。也只有在相关科学技术领域中站得很高、具有高度责任感的人，才能做好这样的宏观发展战略谋划工作。钱学森深知肩负的重任，在我国航天科技开创和大发展时期，对我国航天事业的宏观发展付出了一位大科学家的辛勤劳动和聪明才智，做出了不可磨灭的重大贡献。

1956 年 2 月 17 日，在周总理的鼓励下，怀着对新中国国防事业的强烈责任感，他给中央写了关于《建立我国国防航空工业的意见书》（简称《意见书》），钱学森的《意见书》，实际上就是中国发展导弹、火箭与航天事业的宣言和行动纲领，引起了党中央、毛主席的高度重视。

1956 年春，周总理组织数百名科学家、技术专家制定了“1956—1967 年科学技术发展远景规划纲要”，由钱学森主持拟订了“喷气和火箭技术的建立”的规划。根据钱学森的《意见书》和主持制定的“喷气和火箭技术的建立”的规划，正式启动了我国的导弹与火箭事业。

1958 年 1 月 9 日，钱学森主持制定了国防部五院第二个五年计划期间（1958—1962）的研制规划。

1958 年 2 月，中国科学院成立了以钱学森为组长的领导小组，负责筹建我国人造卫星、运载火箭、卫星探测仪器等的设计、协调和研究机构，启动了我国航天科技事业，并在国防部五院主持制定了《喷气与火箭技术十年（1958—1967）发展规划纲要》。

1964 年春，在周总理的直接领导和关怀下，钱学森负责组织了我国著名的战略导弹武器发展大讨论，制定了我国地地弹道导弹发展的“八年四弹”规划，得到中央批准，并组织实施。

1965 年 1 月 8 日，钱学森正式提出“早日制定我国人造卫星研究计划，并列入国家计划”的报告，建议国家早日制定我国人造卫星研究计划，并列入国家任务，促进了这项重大国防科学技术的发展。

1968 年 5 月 30 日，作为中国空间研究院院长，他直接领导编制了“我国人造卫星、宇宙飞船十年规划（草案）”。

1974 年 9 月，钱学森院士主持国防科委会议，邀请我国七一八工程、海军领导和有关部委领导听取了七机部一院“关于向太平洋海域发射我国远程运载火箭的试验方案和请求开展我国首次远洋考察的报告”，当即部署国防科委机关向中央起草报告，着手开展我国远洋考察工作，正式启动了我国首批太平洋海域运载火箭试验的准备工作，并且亲自承担起运筹、指导震惊中外的我国首批太平洋火箭试验的任务。

在我国航天事业发展的相当长的时间里，在对我国航天事业发展进行宏观发展谋划的过程中，钱学森不仅及时地提出了一系列具有远见卓识的宏观谋划意见，而且早在1956年，在国防部五院初创时期，就创建了我国第一个军事运筹学的研究机构——国防部五院作战研究处，开辟了运筹学面向我国武器装备规划论证的发展方向。应当说钱学森院士是在我国航天科技发展历程中“登高远望”的人，是我国导弹、火箭与航天技术领域的首席科学家，航天技术发展的宏观谋划战略家，航天技术战略决策运筹与管理的主要组织者。他在我国导弹、火箭与航天事业发展相当长的时期内是站在宏观战略谋划，重大技术决策管理层次上的帅才。应从我国导弹与航天事业宏观战略谋划管理，具有远见卓识技术决策的视角来全面评价钱老对我国航天科技事业发展做出的卓越贡献。

四、中国航天发展的科学决策

系统工程管理的主要任务之一是适时地作出正确的、具有远见卓识的决策。能否形成正确、高明的工程发展与实施决策，决策之后，能否创造性地去实施工程计划，最关键的问题之一是能否物色到具有运筹、组织、实施工程计划能力的人才。因此，“决策和人”是实施系统工程管理的关键因素。

在总结我国航天科技开创与大发展时期的经验教训时，钱学森语重心长地指出：“当时在党中央、毛主席的领导下，由周总理和聂帅具体组织实施，他们采取什么办法组织实施这项巨大的系统工程呢？就是民主集中制的办法。一是真正发扬民主……；二是高度集中……。我在周总理和聂老总领导下做技术工作，做技术决策，也按周总理和聂老总的办法，实行民主集中制。……由于我们既讲民主，又讲集中，而且是真正的民主，高度的集中，所以把方方面面的积极性都调动起来了……。”在钱学森离开航天科研第一线领导岗位后，他仍然不断提醒新一代领导人要注意“发扬技术民主，实行民主集中制”。1996年7月16日，钱老给中国航天工业总公司刘纪原总经理的信中写到：“您信中说今年10月将是我国航天事业创建40周年，并嘱咐我写几句话。我对航天事业已经发表过许多文字，现在回想起来，最重要的实在只有一句话：我们航天事业的科技人员在周恩来总理和聂荣臻元帅领导下，贯彻了民主集中制，我们今后仍必须坚持民主集中制。”他殷切地希望把“民主集中制”作为航天事业的宝贵财富发扬光大，是钱老发自内心“尊重知识，尊重人才”美德的表现，也是钱老深刻认识到民主集中制是实施正确决策的制度保障。

在回顾领导航天科技事业技术决策的具体办法时，钱老明确地指出：“我的办法就是依靠集体，记得那时，每个星期天下午，我就把任新民、屠守锷、黄纬禄、梁守磐、庄逢甘等几位总工，还有林爽同志，请到我家去议事。有什么问题，大家提出来，共同研究解决。不同意见，尽量发表。但是，议定的事都要执

行，执行中发现有什么差错，要尽快改正。我们中国的导弹就是这么干出来的。”可见，钱老深刻地认识到：专家集体是正确决策的智慧源泉。

随着科学技术突飞猛进的发展，面对越来越复杂的世界，越来越复杂的航天高技术工程系统的宏观谋划与开发决策问题，主要依靠领域专家已经越来越困难重重。当今时代，任何个人和单一职能部门都有其知识、能力和工作的局限性，在复杂问题决策面前，越来越显得力不从心。80 年代以来，钱老站在航天科技的“群山之巅”，总结几十年来航天科技研究、组织、决策管理的实践经验，潜心研究系统科学，80 年代初提出将科学理论、经验知识、专家的判断力相结合，通过半理论、半经验的方法来处理复杂系统的决策问题。1989 年提出了从定性到定量的综合集成方法（Metasynthesis），又称为综合集成技术或综合集成工程。1992 年以来，钱学森院士又进一步提出了“从定性到定量综合集成研讨厅体系”和“大成智慧工程”的概念，开创了人机结合、人网结合，知识增长的新途径，进一步提高了人处理复杂系统决策问题的智能和智慧。这是钱老面对现代科学技术，特别是计算机技术及其相关信息技术的飞速进展，对航天系统实施“民主集中制制度”和“专家集体智慧决策方法”的科学总结与发展，进一步推动了系统工程理论与方法论的发展，为我们指明了科学决策的发展方向。

与国外的系统工程研究者不同，钱老坚定地信仰马克思主义哲学，用辩证唯物主义指导系统工程的研究与实践，他对毛主席的哲学著作、指导战争的理论与实践尤为重视，在形成系统工程理论的过程中，既融合了中国的传统文化，又集中了中国航天实践中的集体智慧。因此，钱学森与航天系统工程，不仅仅是钱学森，而是“钱学森加大家”，是中国航天科技集体实践的智慧结晶。但是，诚如钱老明确指出的：“系统工程是技术，它只能在适当的社会制度和国家体制下发挥作用。建立这种制度和体制是生产关系和上层建筑问题，是系统工程的前提，没有这个前提，系统工程再好也无能为力”。因此，在总结我国航天系统工程经验时，我们要十分重视江泽民总书记强调指出的“技术、体制、理论创新”要紧密结合，“人才资源是第一资源的思想”。

参考文献

弗雷蒙·E·卡斯特，詹姆士·E·罗森茨威格. 科学、技术与管理. 柴本良，华棣，李盛昌，等译. 北京：国防工业出版社，1979.

胡士弘. 钱学森. 北京：中国青年出版社，1997.

刘纪原. 航天春秋. 中国航天工业总公司，1996，1.

刘纪原. 高新技术发展及产业化学术研讨会文集. 中国高技术产业化研究会，2001.

苗东升. 钱学森与系统科学. 中国工程科学，2001：3～8.

祁淑英，魏根发. 钱学森. 石家庄：花山文艺出版社，1998.

钱圣已. 计划协调技术的探索与初步试验//国防科委情报所. 系统工程与科学管理，1979.

钱学森，等. 论系统工程. 长沙：湖南科学技术出版社，1982.
钱学森. 一切成就归于党归于集体. 光明日报，2001.
陶家渠. 计划协调技术概说//国防科委情报所. 系统工程与科学管理，1979.
王寿云，等. 钱学森传略. 航天，1992，(1).
赵少奎，杨永太. 系统工程导论. 北京：国防工业出版社，2000.
赵少奎. 对我国工程科学技术发展的思考. 中国工程科学，2001.
赵少奎. 钱学森与中国航天科技事业. 中国工程科学，2001：3～8.
郑敏哲. 钱学森手稿. 太原：山西教育出版社，2000.

第四节　钱学森科学研究的敬业创新精神*

我是一名普通的科技工作者，在半个多世纪里，钱学森的学术成就、学术思想和爱国精神，曾经不止一次使我深深感动，并对我的思想、工作，甚至人生轨迹有过重要的影响。早年，由于我从事航空航天技术教育工作，后来又从事系统工程和系统分析工作，所以能够多次直接聆听钱老的学术报告。在我的心目中，无论是他的学识，还是他在世界科技领域的建树，钱老是当之无愧的科学大师。他对于新中国航天事业和科学技术事业的开拓和功绩，无愧于是对国家有杰出贡献的大科学家。他历经磨难，经多年的曲折斗争，冲破重重阻力，回到新中国，为社会主义建设效力，足见他的爱国情怀和殷殷的报国之志，是一位了不起的爱国主义者。他回国后几十年如一日，努力学习和宣传马列主义、毛泽东思想，对于党的方针政策，潜心领会，在行动上坚决贯彻落实。在动荡岁月里，他对党和祖国的信念始终不渝，彰显了他对马克思列宁主义、毛泽东思想的忠诚和坦荡无私，追求光明和真理的崇高品格。

一、钱学森在科学技术许多领域的杰出贡献，曾经深深激励着新中国一代又一代的青年知识分子

1955 年，钱学森终于回到了刚刚成立不久的新中国，对于中国的科学技术界，甚至对于全国，都是一个很大的震动。尤其是对我们这些青年学生，为钱学森这样一个世界闻名的科学家的爱国回归，更是引起无比激动。记得在当时的苏联展览馆（今天的北京展览馆），举办了一个热烈欢迎钱学森回国的报告会，参加报告会的，大部分是当时各个大学的学生。我有幸目睹了他的风采，聆听了他对新中国、对马克思列宁主义、毛泽东思想发自肺腑的诚挚讴歌，对世界科学技术发展史的隽永、睿智的报告。这是钱学森给我的第一次感动。

1956 年，在我们学习《空气动力学》课程中，当时我们的讲课老师是陆士

* 本节作者荣明忠，总参武器装备综合论证研究所研究员。

嘉教授，她是留学德国的博士，师从世界著名的流体力学大师普朗特。她在讲到卡门-钱学森公式时，对于钱学森更是赞誉有加。她使我们了解到跨声速流动的复杂性，理论（数学）描述的困难和飞机要突破“音障”的难点所在。当时，飞机的飞行速度无法超过声速，就是因为那时的科学界对于跨声速流动的规律性还没有完全掌握。钱学森和他的导师冯·卡门的功绩，就是在跨声速流动的研究中，理论上取得了突破。当时，冯·卡门是世界顶尖级的流体力学大师，在他的指导下，正在攻读博士学位的钱学森，“青出于蓝而胜于蓝”，在跨声速流动的研究中，取得了举世瞩目的理论突破。当我们第一次从大学的教科书上，看到一个中国人和一位世界级的科学大师一起，作出了为世界公认的杰出贡献时，我们这些年轻学子是多么自豪，又是受到一种多么强烈的激励啊！这是钱学森给我的第二次感动。

1957 年，在学习“飞机结构力学”时，这门课是由我国著名的飞机结构力学专家王德荣教授讲授的。大家都知道，飞机在空中飞行时，受力情况非常复杂，不仅要受到重力、发动机推力、空气阻力、升力的作用，还有各种控制力的交联作用。飞机设计的核心就是要在保证飞行人员和旅客安全的前提下（即具有足够的结构强度、飞行的稳定性和操纵性），尽可能减轻飞机的结构重量。因此，飞机结构无论是机翼、尾翼还是机身，都是采用薄壁结构。薄壁结构的强度计算就成为飞机结构设计的关键。王德荣教授告诉我们，钱学森教授在薄壁结构的稳定性理论方面也作出了很大的贡献。钱学森不仅在空气动力学领域取得了举世瞩目的成果，在航空结构力学方面，同样也取得了可以称为“科学前沿”的重大突破。

1957 年，钱学森的《星际航行概论》出版。这本书，可以说是航天科技的启蒙读本。中国现代许多航天书籍的重要观点，皆源出于此。在我以后二十多年的专业教育工作中，它一直是我案头的重要参考书。1955 年，由俄文版转译的《工程控制论》在国内正式出版，由于该书的科学价值，1956 年钱学森荣获中国科学院自然科学一等奖。钱学森渊博的学识及其在科学领域的业绩和建树，激励着新中国一代又一代的青年知识分子。

二、钱学森对我国导弹航天事业的丰功伟绩，使中国跻身于世界这一领域的前列

1956 年初，钱学森向中共中央、国务院提出《建立我国国防航空工业的意见书》。对中国发展航空及火箭技术，钱学森从领导、科研、设计、生产等方面提出了建议。同年，国务院、中央军委根据他的建议，成立了导弹、航空科学研究的领导机构——航空工业委员会。1956 年 10 月，钱学森受命组建中国第一个火箭、导弹设计研究院——国防部第五研究院（简称五院）并担任首任院长。与此同时，根据中苏新技术协定，苏联陆续派出多名导弹设计、控制方面的专家，

到北京航空学院和哈尔滨军事工程学院帮助建立火箭与导弹的相关专业，并从航空专业的高年级学生中抽调了一批学生，改学火箭导弹专业。与此同时，也开始了地对地、地对空（防空）、空对空、岸对海（反舰）四种导弹的仿制工作[①]。1959年地地弹道式导弹P_1在我国试制成功。1960年初苏联政府撕毁协议，撤走专家，但是并没有阻挡住中国人自行研制导弹的脚步。在钱学森、任新民、屠守锷等老一辈专家的主持下，很快完成了由仿制到独立的自行研制的转变，导弹研制中的技术关键一个一个被攻克。不到五年时间，1965年我国独立研制的中近程地地弹道式导弹东风-2号研制成功。1966年10月，又成功进行了两弹结合（东风-2号的弹头部位装核弹头）的飞行试验。从此中国真正拥有了自己的核武器，打破了两个超级大国的核垄断和核讹诈[②]。

1965年3月，国防科委向国务院和中央军委提出了《关于开展人造卫星研制工作的报告》，5月中央专委批准将卫星工程研制任务列入国家计划。1968年2月，空间技术研究院正式成立，钱学森兼任院长[③]。在艰难的岁月里，钱老完成着长征-1号卫星运载火箭、人造卫星研制和发射的技术抓总工作。记得在1965～1966年这段时间，我在当时的一院（战略导弹研究院）一部（总体设计部）进修，就经常能够看到钱老到一院或一部来听取工作汇报，检查工作进度。这样高级的领导人，不但是“轻车简从”，而且往往只有一个秘书跟着。在一条通往导弹总装车间一公里多的路上，常常可以看见钱老的身影。钱老在导弹推进、结构原理和航天飞行方面，为中国的导弹和航天事业，奠定了科学的思想基础。他是中国导弹和航天事业的技术总指挥，身体力行、任劳任怨。集科学理论与社会实践于一身，说钱老是“中国导弹和航天之父”，是名副其实的。

三、钱学森是系统工程和系统科学的奠基人

1978年，邓小平提出了“改革开放”的战略决策。从1978～1984年，钱老积极地宣传和推广系统工程。他认为：“要实现四个现代化，不但要提高科学技术水平，而且要提高组织管理水平。要学习和掌握合乎科学的、先进的组织管理方法。”“特别要打破小生产的经营思想，按照经济发展的客观规律改革组织管理。”而“系统工程是组织管理大型复杂系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用或运行的科学方法”[④]。因此，宣传和推广系统工程是一场关于建设社会主义四个现代化进程中组织管理科学化的思想革命，也是一场先进的、符合社会

---

① 当代中国的国防科技事业（上）．当代中国出版社，1992：35～36.
② 当代中国的国防科技事业（上）．当代中国出版社，1992：70～76.
③ 当代中国的国防科技事业（上）．当代中国出版社，1992：105.
④ 钱学森，等．论系统工程．长沙：湖南科学技术出版社，1982：7～12.

大生产客观规律的组织管理方法的学习运动。在这场系统工程的宣传和推广的浪潮中，科学的组织管理知识得到了一次大普及，系统工程的“综合集成”、“统筹兼顾”、“扬长避短”、“短板效应”（“木桶原理”）、“1+1>2”、“系统优化”等著名的系统工程概念和原理，逐步为广大的科技工作者和一些党政干部所接受。特别是钱老把系统工程的思想，扩充到了社会科学的领域，提出了“组织管理社会主义建设的技术——社会工程”的构想，并具体探讨和设计了“军事系统工程”、“教育系统工程”、“社会系统工程”、“农业系统工程”、“法治系统工程”、“计量系统工程”、“标准系统工程”、“行政系统工程”等系统工程专业的基本框架和基本思路。钱老当时已近古稀之年，但是他对系统工程和系统科学的宣传，可以说是 3 天一小讲，5 天一大课，上到国务院、政府机关和总参领导机关，下到大学、研究所。在报章杂志上也经常可以看到他的文章。他的这种工作热情，使我们这些中年知识分子，又一次被深深地感动了。这样一个对于国家的航天事业和科学技术发展，已经作出了巨大贡献的老人，在许多人的心目中，名誉和地位都有了，为什么还要“不安本分”、不辞劳苦，去宣传和推广系统工程呢！用狭隘的功利主义显然是无法理解和解释这位老人的胸怀。他宣传和推广系统工程是为了早日实现四个现代化，为了富国强兵，为了中华民族的复兴。钱老的言传身教，更加激发起我们这些晚辈们要为实现四化添砖加瓦的强烈愿望。

钱学森的许多思想，当时我们是跟不上的。例如，在“军事系统工程”一文中，他关于战役级甚至战略级作战实验室的描述和深刻的思想内涵，我们思想上就有点跟不上：“大规模战争怎么可以用计算机来模拟呢”。当时真是不太理解，好像是天方夜谭一样。在十几年后我调到总参某研究所工作后，逐渐对作战实验室的意义、作用及如何实现，才有所领悟和认识。最近十多年来，作战模拟和作战实验室在我军的机关、研究所、院校，已经如雨后春笋般地迅速发展起来。钱老还说，以后军队的高级指挥官、参谋，必须要懂得运筹学和计算机，他们必须是研究生毕业，有的甚至是博士生毕业。军事指挥和军事科学研究要有几千名硕士和博士。这些思想，当时我们也觉得有点脱离实际。但是，三十年后的今天，他的这种设想，不是正在一步一步变成现实吗？

还有一件事是我至今不忘的。1970 年，哈军工（主体）与哈工大的部分系合并搬迁湖南长沙，成立长沙工学院，就是现在的国防科技大学。从 1973 年开始招收工农兵学员，到 1978 年恢复高考后正式招生，长沙工学院航天工程系的发展一直不大景气。主要问题是专业方向不明朗，毕业生分配不出去，航天工业部门没有需求；另外航天工业部门不乐意为学校提供教学资料和接受学生毕业实习，更不想把科研项目交给大学来做等。当时国防科大内外，几乎是众口一词：“学校里培养不出导弹总体设计人才”，“我国哪里需要这么多总体设计人才”，“总体设计是万金油，样样懂、样样松”。国防科技大学究竟要不要办导弹总体设

计专业，一时间成为校、系两级领导十分关注的大事。1978 年国防科技大学正式列入军队编制，钱学森作为贵宾，被邀请到学校视察并参加大会。他在大会上主要讲了系统工程。在一次座谈会上，周曼殊教授（导弹总体设计专业教研室主任）向钱老汇报了导弹总体设计专业办学的困境，并请教应该怎么办？钱老说，航天工业的低迷是暂时的，导弹总体设计的专业人才也是需要的。导弹总体设计部就是系统工程部，所以导弹总体设计专业，也应该就是培养导弹系统工程人才的专业。经过钱老的“点拨”和多次讨论，学校决定在原来导弹总体设计专业的基础上建立“飞行器系统工程”专业，并从航天工程系转入新成立的系统工程与数学系。当时与钱老一起宣传和推广系统工程的学界泰斗，中国运筹学科的创始人许国志研究员（20 世纪 90 年代成为中国工程院院士）受钱老的委托，关注和帮助国防科技大学系统工程与数学系的建立，并兼任系副主任。听取一个一个专业的汇报，帮助各个专业制订教学计划和教师培训计划，亲自为系统工程系的教师讲授运筹学等。30 年的实践证明了钱老的远见卓识，也证明建立飞行器系统工程专业决策的正确性。飞行器系统工程专业不仅为中国的航天事业，培养了许多优秀的航天工程组织管理人才，而且承担了国家航空航天领域许多重大的科研项目。

钱学森对于系统工程的贡献，不仅在于他科学地阐述了系统工程改造自然、改造社会的本质功能，还在于他探讨和设计了一系列系统工程的专业。他的这些构想，可能在今后几十年中还将发挥指南作用。

四、钱学森关于现代科学技术体系结构的构想，为加速中国科学技术发展指明了探索之路

今天，科学技术的飞速发展，科学技术对于人类社会的进步，对于人类劳动生产率的贡献，已经是众目共睹的事实了。“科学技术是第一生产力”的著名论断已经成为国人的共识，“科教兴国”也已经成为改革开放的国策。

那么究竟怎样才能加速中国科学技术的发展呢？钱老在《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》一文中说：“对于如何加速发展我国的科学技术，……。也就是如何把人类从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三样实践所总结出来的学问，包括自然科学、社会科学和工程技术，按照马克思列宁主义和毛泽东思想的立场、观点和方法，组织成为一个科学的、完整的体系的问题。……为了能更好地掌握现代科学技术发展的规律，能动地推动我国科学技术的高速发展，实现四个现代化。”① 钱老提出了现代科学技术体系结构。

钱老在提出现代科学技术体系结构的过程中，认识也在不断发展、不断完

① 钱学森，等. 论系统工程. 长沙：湖南科学技术出版社，1982：203～206.

善。例如，现代科学技术的大部类，从 3 个、6 个增加到了 11 个。钱老关于现代科学技术体系结构的构想，是一种创新，也是一种对于人类知识未知领域的系统探索，为中国乃至世界的科学技术发展，开辟了无限广阔的前景。这个现代科学技术的体系结构，首先贯穿着“科学技术的本质功能是认识世界和改造世界”的思想，从应用实践到基础理论，把科学技术（横向）分为四个层次：马克思主义哲学、基础科学、技术科学、工程技术。在这里我们看到，钱老是把马克思主义哲学作为科学技术的最高概括。第二，扬弃了传统的、把科学技术分为自然科学和社会科学的划分方法，打破了过去自然科学和社会科学之间的壁垒，而且把数学科学从自然科学中独立出来，形成了三个既相对独立，又互相渗透的科学技术门类。钱老的贡献在于指出了社会科学和数学科学都应该包含有哲学、基础理论、技术科学和工程技术（应用）四个层次。这无疑为社会科学和数学科学的发展，指明了广阔的发展方向。第三，根据现代科学技术的最新发展，钱老提出了在科学技术的大门类当中，应该再增加系统科学、思维科学和人体科学三个大门类。钱老明确指出：这三个新的科学技术部门都有强大的生命力，推动系统科学研究的是现代化（建设）组织和管理的需要，推动思维科学研究的是计算机技术革命的需要，推动人体科学研究的是开发人的潜力的需要。他进一步告诉我们：“从马克思主义哲学到系统学的桥梁是系统观或者系统论”，“思维科学和马克思主义哲学之间的桥梁是认识论”，“人体科学与马克思主义哲学的联系，即通到哲学的桥梁，还有待于我们去构筑”。钱老以他的远见卓识和博大精深的科学造诣，为我们展示了系统科学、思维科学、人体科学广阔发展的前景。我认为，钱老关于现代科学技术体系结构的构想将为中国和世界科学技术的发展指明一条探索之路。

2011 年 12 月 11 日是钱学森一百周年诞辰，谨以此文表达一个科技工作者对钱老的敬仰和缅怀之情。祝中国的科学技术事业蒸蒸日上。

第十章　军事科学现代化和军事科学体系

第一节　钱学森现代军事科学学科建设思想*

钱学森是在国内外享有崇高声誉的著名科学家。他自 1955 年 10 月克服种种阻挠和困难，返回祖国后的半个多世纪里，全身心地投入国防科技事业，并倡导、推动现代军事科学的建设，以及对中国诸多科学技术领域的建设与发展，提出许多创新思想与理论，对我国科学技术的发展作出了卓越的贡献。他给予国家和人民更广泛、更深邃、更美好、更久远的是他睿智的创新思维、执著的探索精神、渊博的科学知识、高尚的品德情操。他对事业鞠躬尽瘁；他视荣誉淡如浮云；他做学问一丝不苟；他待后生真诚扶掖；他对未来充满信心。1991 年 10 月 16 日，为表彰钱学森对祖国和人类在科学事业上所做的特殊贡献，国务院、中央军委决定授予钱学森"国家杰出科学家"荣誉称号和一级英雄模范奖章。钱学森成为 20 世纪我国科学界唯一获此殊荣的科学家。江泽民赞誉他是"人民科学家"。

钱学森教授是我最崇敬的师长，他的道德和学问，他的榜样作用，激励着我努力去做好军事科学研究工作。在这里，主要谈谈学习钱学森现代军事科学学科建设思想的体会。

一、深刻地诠释了军事科学的意义，提出"现代军事科学"的命题

关于军事科学的意义，钱学森指出，战争是一门科学。他认为"战争是由许多部分构成的不可分离的有机整体。在人类全部的社会实践中，没有比指导战争更强调全局观念、整体观念，更强调从全局出发，合理地使用局部力量，最终求得全局最佳效果的了"①。他还说打仗不仅受地势、气候等条件的限制，而且敌我双方是敌对的，谁也不知道对方的情况，知道一些又不完全。"所以打仗就是在限制条件下，敌对双方并不完全了解对方全部情况下进行的"②。"战争问题尽管很复杂，但它也是客观世界的现象，因而也是有规律的，是可以被认识并掌握

---

* 本节作者糜振玉，军事科学院原副院长，研究员。

① 钱学森．论系统工程（新世纪版）．上海：上海交通大学出版社，2007：20.

② 钱学森．作战模拟是一门重要科学技术∥作战模拟的研究与应用．北京：军事科学出版社，1987：9.

的，这就是战争的科学。"①

钱学森还特别强调："军事科学有广泛的意义"②，认为军事科学来源于打仗，但它研究的对象不只是打仗，经济的竞争、科研里面的策略、国际贸易的商谈、外交斗争等，都是有对抗的，都是"打仗"，只不过是打"文仗"。他说"搞研究工作的，思想也要开阔一些。所以，在这里我要把军事科学的意义展开一下，实际上它的意义已超出了军事范畴。现在人类已经进入到这样一个历史阶段，即人类的斗争是非常复杂的，除了军事上斗争，还包括政治的、经济的、民族的、社会的等，各种斗争无不与军事科学思想有关。……这样说来，所谓军事科学就是斗争的科学，除了用兵器之外，还有许多'斗'的手段。……作为学问，我们要看到军事科学理论的许多东西可以用在其他方面。所以，军事科学是很重要的一门学问，可以说，我们建国就离不开军事科学。"③ "军事科学的意义，当然对国防建设是非常重要的，但是军事科学的意义不限于仅仅是国防建设。对于社会主义的物质文明建设，对于社会主义的精神文明建设，对于我们实现四个现代化都具有重大意义。"④ 因而，他主张："真正用全部军事科学的方法，用于打多种文仗，把军事科学也作为学习'领导科学'的一门必修课，使领导者高瞻远瞩，雄才大略，作用将是很大的。"⑤ 对于军事科学是"领导科学"的重要组成部分，也是钱学森首先提出的。对于军事科学的重要意义，他比我们专门研究军事科学的人想得更多、理解得更深、诠释得更透彻。

对于现代军事科学，钱学森同志说："由于科学技术的发展，新的武器、装备不断涌现，改变了战争的客观环境，这就要求军事指挥家的思想必须跟上战争环境的变化，总结、提炼出新的规律，否则就是危险的，要打败仗的。"⑥ 他指出："我们要用现代科学技术来研究战争的规律，研究战争这门科学，这就形成了现代军事科学。"⑦ 他还指出："实现国防现代化，就要实现军事手段的现代化和军事科学的现代化。"⑧ 这里需要指出的是，"要用现代科学技术来研究战争的规律"，"形成现代军事科学"，"实现军事科学的现代化"。据我所知，在此之前还没有人提出过。我理解，钱学森提出了一个军事科学研究要与现代科学技术相融合的新观点。对"现代军事科学"的形成，有着重要的指导意义。

---

① 钱学森. 我国今后二三十年战役理论要求考虑的几个问题. 通向胜利的探索（上），1987：63.

② 作战模拟的研究与应用. 北京：军事科学出版社，1987：13.

③ 1999年2月26日"军事科学院王祖训院长等拜访钱学森同志座谈记录".

④ 作战模拟的研究与应用. 北京：军事科学出版社，1987：14.

⑤ 作战模拟的研究与应用. 北京：军事科学出版社，1987：12，13.

⑥ 钱学森. 我国今后二三十年战役理论要求考虑的几个问题. 通向胜利的探索（上），1987：63，64.

⑦ 作战模拟的研究与应用. 北京：军事科学出版社，1987：12.

⑧ 钱学森. 论系统工程（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：20.

二、促进现代军事技术科学的建设与发展

1. 组织领导火箭、导弹、人造卫星的设计、研制和发射、测控，促进中国军事航天学科群的建立与发展

钱学森回到祖国不久，立即投入到新中国建设的热潮中。1956 年 1 月，钱学森用不到 3 个月的时间，领导组建了中国科学院力学研究所，并担任所长。同年 2 月，在周恩来总理鼓励和支持下，他起草了《建立我国国防航空工业的意见书》，为我国火箭和导弹技术的创建和发展提供了极为重要的实施方案。3 月，钱学森担任新中国第一个《科学技术发展远景规划纲要（1956—1967）》综合组组长，主持起草建立喷气和火箭技术项目的报告书，为推动新中国科学技术、国防工业发展起到了重要作用。同时，他受命负责组建我国第一个火箭、导弹研究机构——国防部第五研究院。10 月，钱学森任国防部五局第一副局长、总工程师兼第五研究院院长，担负起新中国导弹航天事业技术领导工作的重任。研究院成立之初，在组建液体导弹研制队伍的同时，钱学森预见性地组织科技人员探索固体复合推进剂，为后来研制固体火箭发动机和固体地地战略导弹打下了良好基础。

1957 年，钱学森随聂荣臻元帅访问苏联回国后，遵照党中央提出的国防工业发展方针，突出抓了技术消化、科研协作和制度建设等工作，参加了导弹、卫星发射试验基地勘察选址，负责运载火箭、人造卫星以及卫星探测仪器的设计、协调及研究机构建立等工作。中苏关系破裂后，他团结带领科技人员艰苦奋斗，联合攻关，依靠我国自身力量，实现了导弹武器研制试验一系列重大突破。1960 年 2 月，钱学森指导设计的我国第一枚液体探空火箭发射成功。同年 11 月，他协助聂荣臻同志成功组织了我国第一枚近程地地导弹发射试验。1964 年 6 月，钱学森作为发射场最高技术负责人，同现场总指挥张爱萍同志一起组织指挥了我国第一枚改进后的中近程地地导弹飞行试验。

1965 年 1 月，钱学森任第七机械工业部副部长，主持制定了《火箭技术八年（1965—1972）发射规划》，组织领导地地导弹、地空导弹、岸舰导弹以及卫星研制试验等任务。1966 年 10 月，他作为技术总负责人，协助聂荣臻同志组织实施了我国首次导弹与原子弹“两弹结合”试验，把国防现代化建设向前推进了一大步。1968 年 2 月，钱学森兼任新成立的中国空间技术研究院院长，在周恩来总理等中央领导同志的支持下，他努力排除外界的影响，狠抓研究机构组建、工作规划、基础设施建设和卫星研制质量，指导地面发射和跟踪测量系统建设。1970 年 4 月，他牵头组织实施了我国第一颗人造卫星发射任务，成为新中国科技发展史上的一座重要里程碑。

1970 年 6 月至 1987 年 7 月，钱学森先后担任国防科学技术委员会副主任、国防科工委科学技术委员会副主任，担负起国防科学技术领导工作。1971 年 3 月，组织完成“实践一号”卫星发射试验，首次获得我国空间环境探测数据，为我国研制应用卫星、通信卫星积累了经验。1972～1976 年，钱学森参与组织领导了运载火箭和洲际导弹研制工作，提出了建立导弹航天测控网概念；领导设计制造了我国第一艘核动力潜艇；组织启动了远洋测量船基地建设工程；指挥成功发射了我国第一颗返回式卫星，使我国成为继美国、苏联之后第三个掌握卫星回收技术的国家。进入改革开放新时期，钱学森先后于 1980 年 5 月、1982 年 10 月和 1984 年 4 月参与组织领导了我国洲际导弹第一次全程飞行、潜艇水下发射导弹和地球静止轨道试验通信卫星发射任务，为实现我国国防尖端技术的新突破建立了卓越的功勋①。

正是由于钱学森在技术上组织领导火箭、导弹、人造卫星的设计、研制以及发射、探测等方面的理论与实践，促进了包括航天运载技术、航天器技术、航天发射技术、航天测控技术和航天指挥管理技术在内的中国军事航天学科群的建立与发展。人们称钱学森为“中国导弹之父”、“中国航天之父”是名副其实的。

2. 倡导并指导军事系统工程和军事运筹学学科的建立与发展

军队的军事系统工程和军事运筹学学科是在钱学森的倡导和指导下建立并不断发展的。

早在 20 世纪 40 年代，钱学森就认识到在自然科学与工程技术之间，形成了一个科学与技术紧密结合的独立的科学，即工程科学。1947 年夏，他回国探亲，就应邀在浙江大学、上海交通大学和清华大学作“工程与工程科学”的报告。1954 年，《工程控制论》英文版出版（中文版是 1955 年由科学出版社出版），1957 年钱学森为该书获中国科学院自然科学奖而写的获奖内容《工程控制论简介》一文中指出：“工程控制论是一门为工程技术服务的理论科学。它研究的对象是自动控制和自动调节系统里具有一般性的原则，所以它是一门基础科学，而不是一门工程技术。”②《工程控制论》中许多章节讲的是各种元素的系统问题。许国志、王寿云、柴本良在《论系统工程》（新世纪版）的前言中就指出，《工程控制论》有些内容大大超出了当时自动控制理论的一般研究对象，实质上是系统学的问题。

1979 年 7 月，钱学森在军队总部机关领导同志的学习会上，就以军事系统

---

① 摘编自《钱学森生平》.

② 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：293.

工程为题作了演讲。演讲中，他首先引用了恩格斯的话："革命将以现代的军事手段和现代的军事学术来与现代的军事手段和现代的军事学术作战"，指出："实现国防现代化，就要实现军事手段的现代化和军事科学的现代化"①。我的理解，他演讲的主旨，就是为了如何实现军事手段现代化和军事科学现代化提供一种科学的技术和方法。

钱学森这次演讲的主要内容包括：

1）对军事系统工程的作用和功能进行了"定位"

"定位"是在军事路线和军事战略这些根本性问题解决以后，军事系统工程就是运用现代科学方法更好地去解决贯彻军事路线、军事战略中的实际问题。钱学森说："讲得具体点，就是利用现代科学技术的新成果来帮助搞好新武器研制、参谋业务、组织指挥、后勤业务和军事学研究的问题。""所谓现代科学技术新成果特别是指运筹学的发展和电子计算机的发展。由于这两大发展带来了一大类组织管理技术的迅速成长，也就是各种系统工程的成立和各方面的应用。与军事直接有关的一门系统工程就是军事系统工程。"② 钱学森还专门解释了为什么用"工程"两字，这是因为工程一词最先出现时（18 世纪），专指战争兵器的制造和执行服务军事目的的工程。

2）呼吁重视开展军事系统工程的研究与运用

他在演讲中通过对军事系统工程的介绍，以冀引起大家对这项新技术的重视，从而开展这方面的工作，促进我军的现代化。他通过介绍英美两国在第二次世界大战中及以后，运用军事系统工程方法解决许多军事实际难题，和西欧各国、日本、苏联都很重视和应用军事系统工程的实例，指出"军事系统工程方面的专业机构，已经成为现代化军队不可缺少的业务部门了"③。以此呼吁我军重视军事系统工程，开展军事系统工程的研究与运用，成立军事系统工程的专业机构。

3）指出运用军事系统工程能解决的主要问题

演讲详举古今中外事例说明军事系统工程运用数学理论和电子计算机技术能解决我军现代化面临的主要课题。

①进行战术模拟。钱学森指出："战术模拟技术，实质上提供了一个'作战实验室'。在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以启发新的作战思想。战术模拟技术把系统工程的模型、模拟和最优决

---

① 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：20.

② 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：20，21.

③ 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：22.

策方法引入到军事领域。"[①] 战术模拟技术使参谋业务的现代化，是军事系统工程的重要课题。

②进行武器装备系统的设计方案论证、战术技术指标的确定与效能评估。钱学森指出，以此做到"根据国家的战略方针和战术原则，针对现有装备在未来的或现实的战争中与对方装备对抗可能出现的问题，利用科学技术的最新成就，提出发展新武器系统的建议；根据国家批准的发展新武器系统的任务，在委托的研制单位对拟议的新系统进行总体方案分析的同时，拟订出新系统的性能要求、技术规格，作为实际设计工作的依据；根据新武器系统运用的战略和战术环境，预测新武器系统对作战方式带来的影响，拟订最优的使用原则。"[②]

③改进后勤系统的组织管理。钱学森指出，要进行战争和赢得战争，一方面必须有雄厚的物质基础，另一方面还需有一套科学的管理技术，包括各军用物资的库存、需求、消耗、性能规格、供应标准、运输等方面的数据信息和利用计算机技术进行信息处理。解决现代化后勤的组织、计划、管理工作，是军事系统工程的另一个重要课题。

④建立现代化的作战指挥体系。钱学森指出："现代化指挥系统，是由电子计算机、指挥运算程序、通信网络、终端和各分系统之间的接口形成的体系结构。搞好这一体系结构，是复杂的系统工程。……因此必须建立一个高度集中的领导机构，利用系统工程的原理和方法，设计出一个全面统一的整体规划，全面地制订标准化与通用化计划，才能真正实现高度集中的自动化。"[③] 建立现代化的指挥系统是军事系统工程的又一个重大课题。

⑤使用定量的方法进行战略研究。钱学森指出，在没有产生电子计算机、模拟技术、系统工程和运筹学的理论、方法之前，一个统帅作出战略决策，主要是靠统帅个人的智慧、经验进定性分析作出。所以，克劳塞维茨把军事科学称之为军事艺术。随着科学技术的迅猛发展，运用于军事，使武器在精度、速度、射程、威力等方面发生了质的变化；装载和发射武器的平台及配套设施自动化、信息化程度大为提高；现代战争各要素之间的关系错综复杂地交织在一起，战争指挥、技术和后勤保障的难度空前增大。在这种复杂的战争环境下，仅靠战争指导者和战略指挥员个人以及参谋部门的经验、能力，单纯用定性的方法很难迅速、正确地作出决断，必须利用计算机技术、模拟技术，采取军事系统工程的理论与方法，进行信息的搜集、处理和传输，以及用定性与定量的方法解决战略难题，这是军事系统工程需要解决的重要课题。

---

① 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：25.
② 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：27.
③ 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：30，31.

钱学森在演讲中还指出，“我们在前面几节中陈述了军事系统工程在参谋业务方面、在武器使用方面、在后勤业务方面、在组织建立指挥体系方面、在战略研究方面的应用，试图说明系统工程对我军现代化的重要意义。”为此，他提出两点建议：第一，“应该首先考虑在我国建立必要的工作队伍，在有关部门配备军事系统工程的专业人员，如在从总参谋部到各级司令部都要有专业人员，从总后勤部到各级后勤部也要有后勤系统工程的专业人员。他们都是用军事系统专业技术来加强参谋和后勤业务的。他们要与本部门的其他人员密切协同配合，共同完成上级交给的任务。”第二，“在我军设置研究和运用军事系统工程以及发展各种军事系统工程理论的专门单位。例如，在军事科学院，在各军、兵种都应该有军事系统工程的研究单位；各兵种的单位除研究战术外，还要对新武器的研制提出论证和战术技术要求。”①

钱学森的这次演讲，反映了他对军队现代化面临问题深入的了解，对解决这些问题进行深入的研究，提出并论证了军事系统工程的理论与方法是解决这些问题的重要手段，也反映了他对实现军队现代化强烈的愿望。这是他为推动军事系统工程研究而做出的重大努力。可以说，钱学森为军事科学研究开创了一个新的学科——军事系统工程。

为了普及推广系统工程知识，1980 年钱学森在中央电视台举办的系统工程讲座讲了第一讲：《系统思想与系统工程》，从古代的农事、水利工程、医疗、天文等方面到现代社会各种实践活动的系统思想和系统工程的基础理论和应用理论。

1989 年，钱学森根据系统工程研究中遇到的问题，提出了“从定性到定量综合集成法”。1992 年，钱学森又进一步提出了这种方法的运用形式——“从定性到定量综合集成研讨厅”。这些都对军事系统工程学的深化与发展起到重要作用。在中国科学技术协会、中国科学院、中国工程院、国防科工委为庆祝钱学森九十周岁寿辰而联合举办的钱学森科学贡献暨学术思想研讨会上，时任中国工程院院长的宋健同志在会上所作的学术报告中，对此作过评论：“近几年，他和他的合作者们把基础理论和现代计算机技术中的人工智能相结合，提出了处理复杂巨系统的新方法论，把理论、经验和专家判断结合起来，从定性到定量综合集成（meta-synthesis）以及‘从定性到定量综合集成研讨厅’等。这是由信息采集、处理、存储、智能专家系统和科学知识库综合集成的，以人为主、人机结合的研究决策系统。综合集成方法为解决复杂巨系统的定量研究指出了一条可行的道路。”②

---

① 钱学森．工程控制论（新世纪版）．上海：上海交通大学出版社，2007：33.

② 宋健．钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集．北京：科学出版社，2001：8.

运筹学于20世纪50年代初被引入中国，在外国称为Operation Research，原意是作战研究。我国数学家许国志教授从《史记》“夫运筹帷幄之中，决胜千里之外”这一名句中，取其“运筹”两字作为这一学科的中国译名，既正确地译出了英文原意，又符合中国传统的军事文化。对这一精确的译名，钱学森和专家们都认为译得好，赞同用这译名。1956年，在钱学森、许国志教授的倡导下，中国科学院数学研究所成立了第一个运筹学研究机构，在军事领域也得到传播。1978年5月，中国航空学会在北京召开军事运筹学座谈会。会上，钱学森、许国志教授建议在军队开展军事运筹学与系统工程的研究试点工作。这一建议得到了张爱萍和刘华清等领导的支持，首次应用军事运筹学与系统工程的理论和方法于评估武器装备的试点工作，取得了很好的成效，证明了这一理论与方法是可行的。

1978年11月，中国科学院在成都召开了数学学年会，作为数学学会运筹学分会在会上进行了学术交流活动，并确定成立运筹学学会。

受钱学森系统思想的启迪和参考美苏等国相关文献的论述，1977年10月26日，军事科学院外国军事研究部研究员朱松春、战争理论研究部研究员糜振玉联名向院党委呈上“关于系统分析问题”的报告，论述了系统分析在军事科学研究工作中应用的意义和作用，为使军事科学研究适应现代技术装备发展的需要，建议军事科学院先组成研究小组，对国内外有关文献进行调研，并在此基础上开展军事问题系统分析的试点工作。时任院长宋时轮和政委粟裕很快批示，同意先组织系统分析研究小组。由朱松春、王德谦、邹祈组成的研究小组于1978年1月成立，展开调研工作，包括对钱学森秘书兼国防科工委科技委副秘书长王寿云、国防科工委情报所研究员柴本良的访问，并向院办公室呈送了十多份调研报告。据此，院党委指示院办公室组织研究机构的筹建小组。1979年9月17日军事科学院院长宋时轮和政委粟裕签署了就我院增设作战运筹分析研究室向中央军委的报告。10月25日，总参谋部批准了军事科学院的报告，同意增设作战运筹分析研究室，编制30人。之所以以“作战运筹分析”作为研究室的命名，是经调研考虑到既要研究运筹学，又要研究系统工程在作战中的应用。研究室的主要任务是应用系统分析和运筹学的理论和方法，以及电子计算机等手段，采用现代模拟技术，研究现代战争的组织指挥和作战行动等问题。这是我军第一个军事运筹学和军事系统分析的研究机构。

1984年，成立了中国人民解放军军事运筹学会。1992年成立了军事系统工程专业委员会、国防系统分析专业组。许多机关、院校、部队也先后建立了各种军事运筹和军事系统工程研究教学机构，在军内有组织地开展军事运筹学和军事系统工程的研究与推广运用。1987年6月，军事科学院军事运筹分析研究所创办了《军事系统工程》杂志，后改为《军事运筹与系统工程》杂志。1993年4

月，军事科学院出版了《中国军事百科全书》《军事运筹学》分册；同年 5 月，军事科学院出版了《军事运筹学》专著；同年 6 月，军事科学院出版了《中国军事百科全书》《军事系统工程》分册，其他军事院校和科研机构也出版了相关的论著。

至 2008 年 10 月，中国人民解放军院校和科研机构共有 41 个博士、61 个硕士学位授权单位。其中，军事运筹学博士授权点 2 个，硕士授权点 29 个，军事系统工程或系统工程博士学位授权点 4 个，硕士授权点 8 个。军事科学院、国防大学、国防科技大学等建立了军事运筹学或军事系统工程博士后流动站。这些博士、硕士授权点和博士后流动站，为我军培养了一大批军事运筹学和军事系统工程专业的高层次人才，为军队建设和作战指导作出了突出成绩。而军事运筹学和军事系统工程学科的发展和取得的成绩，都离不开钱学森多年来的关心和指导。

三、提出了中国现代军事科学体系构想

钱学森在《哲学研究》1979 年第 1 期发表了《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》的论文。这篇论文中，钱学森第一次提出科学技术体系应该是自然科学、科学的社会科学、技术科学、工程技术四大部分加数学，并强调指出："马克思主义哲学作为科学技术的最高理论，就必须用来指导科学技术的进一步发展。"[①]

1981 年，钱学森认为现代科学技术体系的结构，"在自然科学、数学科学和社会科学这三大部门之外，现在似乎应该考虑三个新的、正在形成的大部门：系统科学、思维科学和人体科学。"[②] 这样，钱学森提出的现代科学技术体系就由上述六大部门组成。

1984 年 1 月，钱学森在《中国大百科全书》军事卷的领条《军事科学》释文的第二次学术座谈会上的讲话中，讲了军事科学的结构问题。他指出："现代科学技术发展到今天，部类是扩展了。从前，我们说科学分自然科学和社会科学，这是把数学放在自然科学里。但自然科学要用数学，社会科学也要用许多数学的方法。这就要求把'数学科学'分出来。最近科学院召开了学部大会，数学家们说，把数学和物理、工程捆在一起不合适，要扩大领域，提出了'数学科学'这个概念。我当然赞成，我早就主张把数学科学拿出来。其他如'系统科学'，因为要研究复杂的系统，实在太重要了，要单独开出来；'思维科学'，研究人的思维，也应单独出来；'人体科学'因为人是高级的'万物之灵'，确实复

① 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：112～116.

② 钱学森. 工程控制论（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：128.

杂，也应单独出来。这样不包括‘军事科学’，已经有了六个大部门。”① “军事科学的最高层次还是马克思主义哲学，下面分一个桥梁和三个台阶。”“军事科学这个部门到马克思主义哲学的桥梁是军事哲学，下面三个台阶是基础科学，应用科学和军事技术。”在讲话中，钱学森谈了他对军事系统工程和军事运筹学问题的想法，指出：“军事技术这个词，它所指的就是军事上的工程技术，即用来改造客观世界的科学技术，包括军事工程、武器装备技术（包括人机工程）和军事系统工程。在它的上面，是军事应用科学，我们习惯上称为‘军事学术’。”关于军事运筹学，他指出看来好像是介乎“军事学术”和“军事技术”之间的。“但要彻底一点，我觉得可以把它归结到‘军事学术’里，因为在系统科学里是这样划的，系统工程是工程技术这个台阶的，运筹学是它上面的一个台阶，要归就归到‘军事学术’里，这是我个人的看法。”②

钱学森在这次座谈会上的讲话，首次将“军事科学”作为一个大部门列入他的现代科学技术体系。此后，钱学森在 1986 年 9 月首届全军战役理论学术讨论会的报告中，1994 年在《科学的艺术和艺术的科学》一书中，在 1998 年 3 月 31 日原国防科工委为纪念钱学森提出建立与发展军事系统工程学科 20 周年而召开的“军事系统工程学研究发展 20 年报告会”的书面发言中，1999 年在与军事科学院王祖训院长谈军事科学发展问题时，都就军事科学体系问题阐述过他的思想和观点，并不断有所发展。其中以 1998 年 3 月的书面发言中作了完整的表述，他在书面发言中写道：“在 80 年代初，王寿云和我就开始注意到现代科学技术在军事作战参谋上的运用，我们提出要建立军事运筹学和军事系统工程学。后来我又进一步构筑了现代科学技术的体系：在整体上以马克思主义哲学、辩证唯物主义作指导，在军事方面有军事科学这个大部门，与之并列的有自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、行为科学、地理科学、建筑科学和文艺理论，加军事科学一共十一个大部门。每个部门又分三个层次：基础理论层次、技术理论层次、应用技术层次。在军事科学，基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程。当然还有其他学问，这是人类知识的体系了。”这里，钱学森把军事科学作为现代科学技术体系的一个大部门，提出了军事科学这一部门的框架结构。受钱学森这一框架结构的影响，在 1989 年 5 月出版的《中国大百科全书·军事卷》宋时轮在《军事科学》领条提出的军事科学体系中，在军事理论科学的军事学术这个层次就列入了“军事运筹学”，在军事技术科学的应用科学这个层次就列入了“军事系统工程”。1990 年的军事学《授予博士、硕士学位和培养研究生的学科、专业目录》中，

① 钱学森．工程控制论（新世纪版）．上海：上海交通大学出版社，2007：218.

② 钱学森．工程控制论（新世纪版）．上海：上海交通大学出版社，2007：221.

军事学术层次就列入了“军事运筹学”学科。1994 年军事科学院院长郑文翰主编的《军事科学概论》，把“军事运筹学”列为军事学的“边缘科学”。1997 年《中国军事百科全书》，张震撰写的《军事科学》领条中，把“军事运筹学”列入军事学术层次，“军事系统工程”列入军事技术层次。2005 年刘继贤主编的《中国军事百科全书》第二版《总领条门类领条》分册《军事科学》领条中，把“军事运筹学”列为作战门类的一个学科，把“军事系统工程”列为军事技术门类的一个学科。尽管他们在军事运筹学、军事系统工程归属那一层次或门类有不同认识，但毕竟都认同了这两个学科。

我个人认为钱学森提出的现代军事科学体系的构想，其重要意义在于：一是提出了军事科学体系的最高层次是马克思主义哲学，就是军事科学研究要以辩证唯物主义作指导；二是提出了沟通军事科学与马克思主义哲学关系的桥梁是军事哲学；三是提出了军事科学与现代科学技术的体系其他部门同样分为基础理论、技术理论、应用技术三个层次；四是也是最重要的是这个军事科学体系体现了“要用现代科学技术来研究战争的规律，研究战争这门科学”，使军事科学研究实现现代化。如图 10-1-1 所示。

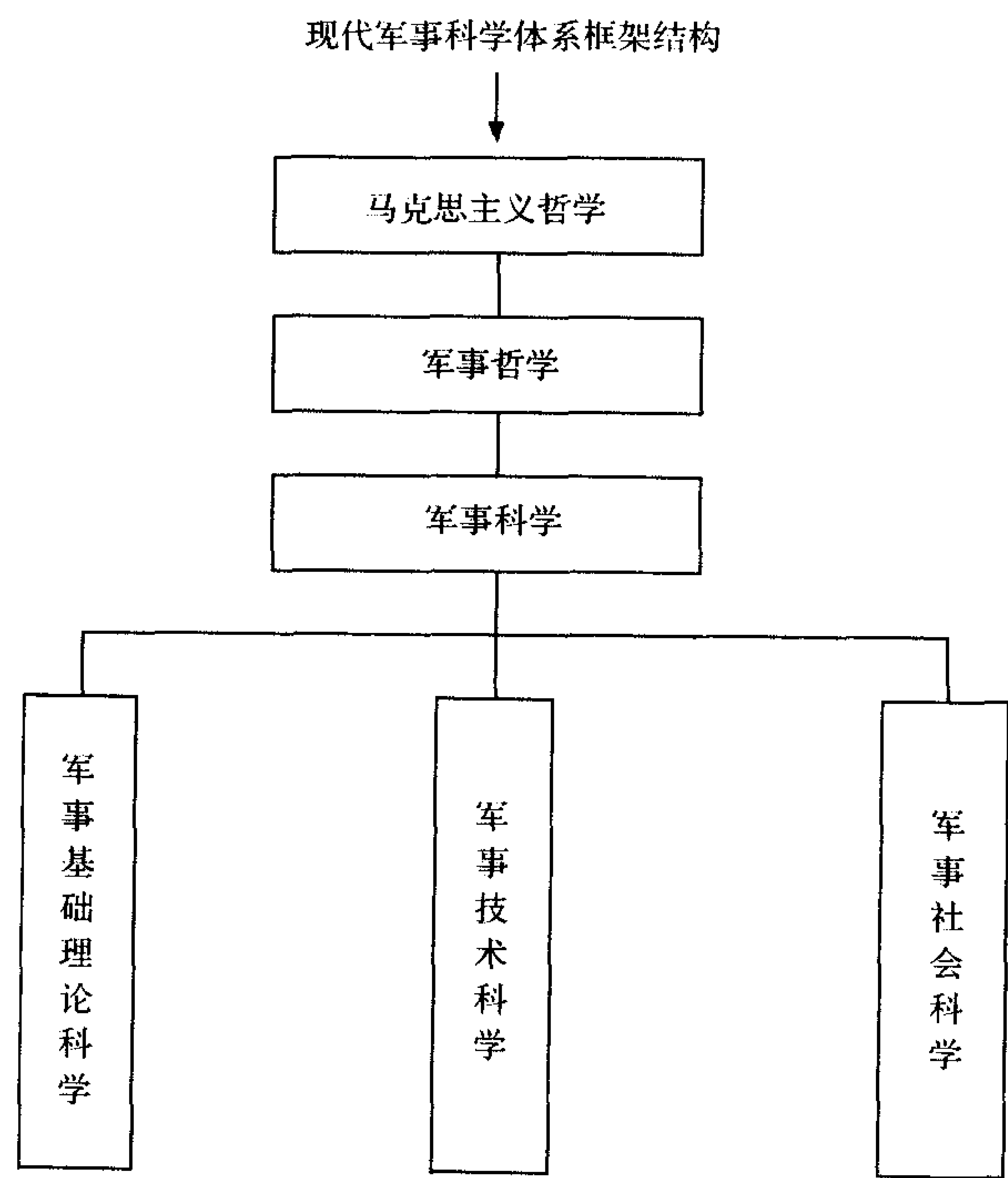


图 10-1-1　现代军事科学体系框架结构

钱学森指出："在军事科学，基础理论层次是军事学"（军事科学亦称军事学）。我理解钱学森这里指的是军事学的基础理论学科。此外，钱学森在讲了军事科学三个层次后，还讲了"当然还有其他学问"。我认为，研究钱学森军事科学体系，现在要做的主要工作是，在深入理解他军事科学体系构想的基础上，给以充实和完善。例如，军事技术科学除了军事运筹学与军事系统工程外，还有"武器装备技术"；军事科学除了基础理论科学、军事技术科学外，还有与社会科学有共性的军事社会学。

研究军事科学体系形成与发展的历程，各家对军事科学体系的分类观点，在钱学森军事科学体系构想的基础上，提出军事科学（军事学）体系框架结构与学科分类方案：最高层次是马克思主义哲学。马克思主义哲学与军事科学的桥梁是军事哲学。军事科学大部门分军事基础理论科学、军事技术科学、军事社会科学三个门类（层次）科学。军事基础理论科学门类的学科是军事思想、军事学术、武装力量建设、军事历史学、军事地理测绘气象学；军事技术科学门类的学科是军兵种武器装备技术、航天技术、军事生物化学技术、军事技术理论与军事应用技术；军事社会科学门类的学科为不属于军事基础科学门类、军事技术科学门类的其他与社会科学有共性的军事学科（军事法学、军事经济学、军事管理学、军事人才学、军事文化学、民防学、抢险救灾学等）。每个门类学科下设若干分支学科，分支学科下设若干学科、专业，但军事科学体系只列到分支学科，分支学科所属学科、专业只作文字解释。如图 10-1-2 所示。

现代军事科学体系是以钱学森现代军事科学体系框架结构思想为基础，本着学科体系的门类、分支学科，既有古今中外的通用性、包容性，又有时代特色和中国特色的指导思想建立的。它充实了基础理论层次的学科门类，把技术理论层次和应用技术层次合在军事技术科学层次。原因是军事技术不只是作为技术理论层次的军事运筹学和作为应用技术层次的军事系统工程，还包括武器装备技术。

至于军事运筹学的下属学科，钱学森未涉及，从军事运筹的应用范畴，似可设战略运筹、作战指挥运筹、后勤军事物流运筹、武器装备体系与使用运筹、军事编制体制运筹等下属学科。

关于军事系统工程的下属学科，依据钱学森《军事系统工程》一文中军事系统工程 5 个方面工作的论述，可以设参谋业务技术、战略与作战模拟技术（钱学森用的名词是战斗模拟技术，而且他有预见地指出："把战争博弈理论用在解决战略问题，还有待于科学技术的进一步发展，有待于社会科学的进一步发展。尽管如此，把这些已有成果用于某些战略的研究则是完全可能的。"[①] 他讲有待于

① 钱学森．工程控制论（新世纪版）．上海：上海交通大学出版社，2007：20～35.

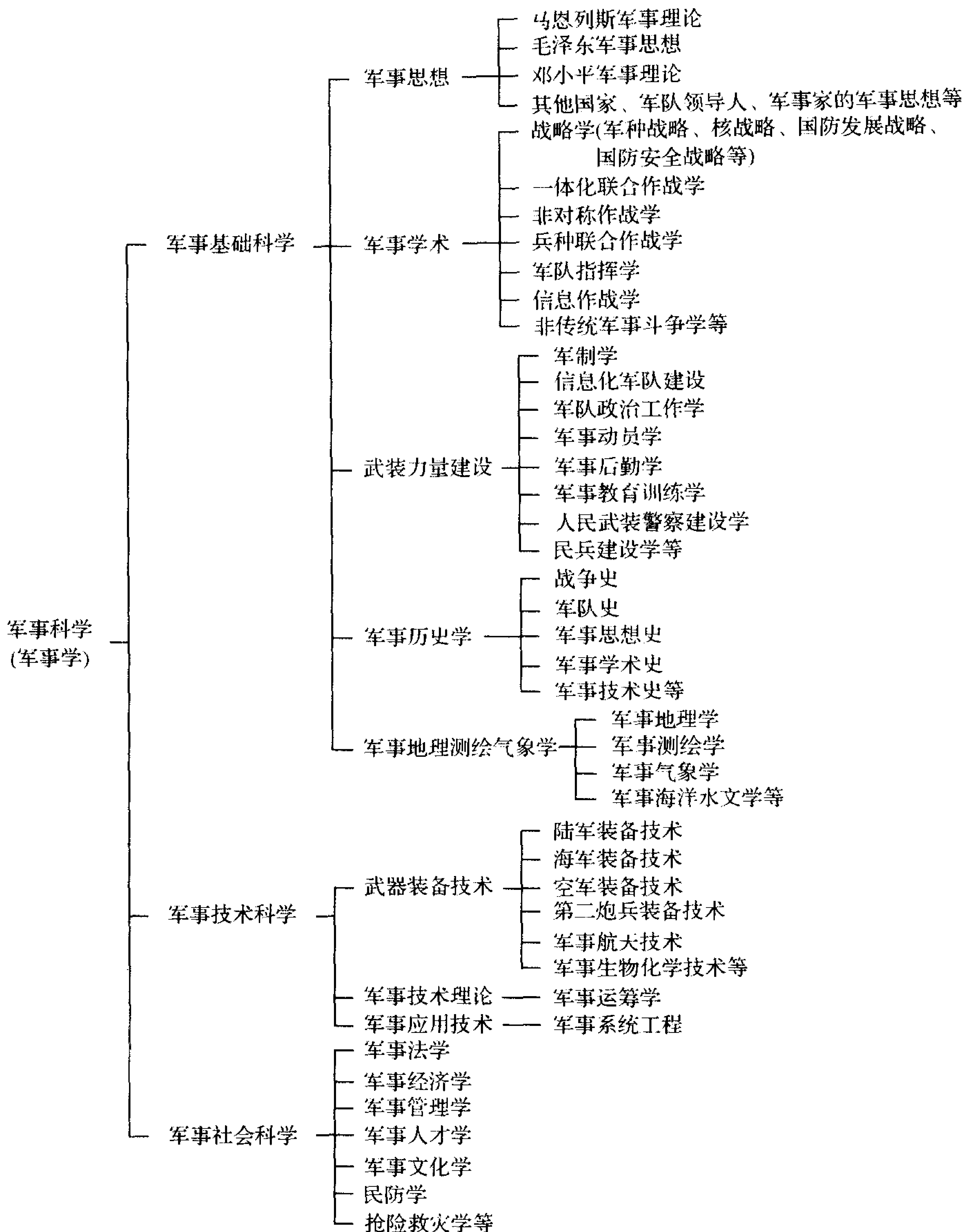


图 10-1-2　军事科学体系结构图

科学技术进一步发展，主要是“当时电子计算机也不够大，计算能力受限制”。钱学森讲这些话是在 1979 年 7 月 24 日，到如今已 30 多年了，现在计算机计算技术已足以满足战略研究的需要了，所以加了“战略”两字)、新武器系统指标设计与使用技术论证（钱学森用的名词是论证新武器作用方法和确定新武器系统

战术技术指标的技术)、后勤系统组织管理技术和军事指挥系统自动化技术 5 个学科。

这里我想指出的是，经过 30 多年的实践发展，军事运筹、军事系统工程在技术基础理论与应用方法、应用范畴，已逐渐融为一体。军事系统工程用“工程”两字，钱学森在“军事系统工程”一文中指出：“我们沿用‘工程’这个词最先出现时所具有的含义，恢复了把执行服务于军事目的的活动称为‘工程’。我们在这里用‘军事系统工程’而不用‘军事运筹学’来表示战争中参谋活动的职能。”① 实践中，军事运筹学也不只是技术理论，而是广泛运用于军事学术、武装力量建设、武器装备技术领域，它似乎也包含了应用技术。军事运筹学也是“执行服务于军事目的的活动”。1993 年颁发的国家标准 GB/T13745—92《学科分类与代码》表中，在军事学的军队指挥层次列入了“军事系统工程（军事运筹学)”，它把“军事系统工程”与“军事运筹学”等同为一个学科。钱学森在《系统思想和系统工程》一文中指出：“国外所称运筹学、管理科学、系统分析，就研究以及费用效果分析的数学理论和算法，可以统一地看成是运筹学。”“第二次世界大战时的运筹学，包含了一些我们今天所说的军事系统工程的内容，当时叫军事运筹学。”② 这说明军事运筹学与军事系统工程都属于军事技术范畴。“联合国发展总署出版的有关手册中，为避免名称上的争论，已把运筹学与系统分析看作同义词，而把它们写成 OR/SA，即运筹/系统分析。”“军事运筹学也可看做是军事系统工程的理论基础。”③ 可见这两个学科已很难区分了，只是军事运筹学更多地运用于军事作战活动领域。我认为，把军事运筹学与军事系统工程学合成军事运筹与系统工程学科，作为“军事技术应用理论与方法”列入军事技术科学层次，似乎较为符合现实情况。

以上是我学习钱学森现代军事科学体系构想的一些体会。

关于钱学森对中国现代军事科学的贡献，远不止我写的以上这些，他在国家军事战略、现代战争形态的转变、信息化军队建设、信息化战争、国防经济、国防科技情报建设、国防科技大学组建与学科建设、军队人才特别是军事科技帅才的培养等方面，都有许多远见卓识的战略性、指导性论述。

一颗中国的、也是世界的科学巨星陨落了。伟人辞去，风范永存。钱学森科学技术思想将永葆青春活力。人民科学家钱学森将永远活在我们心中。2010 年 12 月 11 日是钱学森同志百年诞辰，谨写此文以志念。

---

① 钱学森．工程控制论（新世纪版)．上海：上海交通大学出版社，2007：20.

② 钱学森．工程控制论（新世纪版)．上海：上海交通大学出版社，2007：40，41.

③ 中国大百科全书·军事．北京：中国大百科全书出版社，1989：591，592.

参考文献

刘继贤. 中国军事百科全书（2版）. 北京：中国大百科全书出版社，2005.
米尔施泰因，等. 论资产阶级军事科学. 北京：军事科学出版社，1985.
钱学森，等. 论系统工程. 上海：上海交通大学出版社，2007.
宋时轮. 军事科学//中国大百科全书·军事卷. 北京：中国大百科全书出版社，1989.
张震. 军事科学//中国军事百科全书. 北京：中国大百科全书出版社，1997.
郑文翰. 军事科学概论. 北京：军事科学出版社，1994.
中国系统工程学会，上海交通大学. 钱学森系统科学思想. 上海：上海交通大学出版社，2007.
总装备部科学技术委员会. 军事系统工程学研究发展 20 年文集，1998：8.

第二节　钱学森对军事科学现代化的创见*

军事科学是反映军事斗争（特别是战争）客观规律和军事斗争指导规律，用以指导国防与军队建设、军事斗争准备与实施的知识体系①。

钱学森在长期担负我国国防尖端科技事业的技术领导工作以及后来，一直十分重视研究军事科学有关理论，提出了许多经过深思熟虑的创见。这既是他出于从事的国防科技发展与导弹、卫星研制必须服从军事战略需要，因而与军事科学有必然的联系；同时也是出于钱学森对国防和军队现代化建设事业的关切，希望通过现代科学技术与军事科学的结合，推动军事科学的现代化，以更好地发挥军事科学在国防现代化中的理论先导作用。正如钱学森 1979 年所说“实现国防现代化就要实现军事手段的现代化和军事科学的现代化”②。

钱学森对军事科学研究有多方面的创见，这里仅从军事科学体系建设、军事科学研究方法革新以及未来战争模式及其对军科学挑战这三个方面说明钱学森关于军事科学现代化的创新见解。这些见解已经并将继续经受实践和时间的考验，对我国国防和军队现代化建设发挥重要作用，推动新时期我军军事科学理论在党的三代领导核心军事思想指引下的创新发展。

一、关于军事科学体系建设

军事科学体系建设的首要问题是研究确定军事科学的体系结构，即明确军事

* 本节内容是张最良为祝贺钱学森 90 华诞而作，原载《钱学森与现代科学技术》。张最良，军事科学院军事运筹分析研究所研究员。

① 中国人民解放军军语. 北京：军事科学出版社，1997. 笔者将“军事科学”的释文中“战争”一词改为“军事斗争”.

② 钱学森，王寿云，柴本良. 军事系统工程，这是 1979 年 7 月在中国人民解放军总部机关领导同志学习会上的讲演稿.

科学应包括哪些学科以及这些学科相互间有怎样的关系。这是军事科学理论研究的重大问题，只有建立科学、合理而又相对稳定的军事科学体系结构，才可能有力推动军事科学迅速发展，并为更好地制定军事科学发展规划和人才培养规划提供必要的理论依据。

关于这个问题，钱学森有过多次论述。早在20世纪70年代末，钱学森就根据世界科学技术发展及我军现代化的需求，敏锐地提出建立军事运筹学和军事系统工程学的倡议，为军事科学研究开辟了新的领域。

1998年3月，在总装备部举行的“军事系统工程学研究发展20年报告会”上，钱学森在亲笔撰写的书面发言中，再次阐述他关于学科体系划分的看法，即一个大学科部门可分为三个层次：基础理论层次、技术理论层次和应用技术层次，并明确指出“在军事科学，基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程。”①

在钱学森构建的军事科学体系结构中，处于基础理论层次的军事学是“研究军事建设和军事斗争的规律及其应用的理论学科”，包括战略学、战役学、战术学、军事指挥学、军制学等。

处于技术理论层次的军事运筹学是应用科学技术方法研究军事活动，为决策优化提供理论和方法的新兴军事学科，它“研究的内容、应用的范围，可以说覆盖了军事科学的各个基础理论学科。”② 如军事力量建设和运用的筹划、战时对战争全局问题和平时对军事斗争全局问题的运筹；战役战斗行动的优化；军事指挥的科学决策；军队规模、编制体制的论证；后勤保障、技术保障的运筹；武器装备的体系建设方案和全寿命管理；军队人力资源的规划和管理，以及军备控制的研究和方案拟制等。因此，军事运筹学同军事学一样，不是一个单一学科而是一个学科群，包括如战略运筹学、作战指挥运筹学、武器装备建设运筹学、后勤运筹学、军制运筹学等分支学科。

处于应用技术层次的军事系统工程学是研究应用科技方法和手段，进行军事活动组织与管理的新兴军事学科。它要研究的不是军事学术思想、军事战略这些根本性问题，“而是在这些根本性问题解决以后，如何更好地去贯彻执行的问题，也就是技术性问题。”③ 由于军事活动的多样性，所以军事系统工程学也不是一个单一学科，而是一个学科群。按照组织与管理的对象区分，它可以包括一系列分支学科，如“国家安全系统工程、作战系统工程、组织系统工程、条令法规

---

① 钱学森. 在军事系统工程学研究发展20年报告会上的书面发言，1998.

② 糜振玉. 军事运筹学学科建设与创新研究的两点想法. 军事系统工程，1999，2.

③ 钱学森，王寿云，柴本良. 军事系统工程，这是1979年7月在中国人民解放军总部机关领导同志学习会上的讲演稿.

系统工程、武器装备建设系统工程、指挥自动化系统工程”①。

钱学森构建的军事科学体系结构与目前军事学术界主导看法相比有两个显著区别：

一是层次划分原则上。现有结构虽然也把军事科学分为三个层次，但上一层次和下一层次学科间是包含与被包含或整体与局部的关系。如一级学科是军事思想，下面二级学科可分古代军事思想、外国军事思想、毛泽东军事思想等，而一级学科的划分则着眼于在现状基础上的管理。

钱学森构建的体系结构是按知识在人们认识世界和改造世界中的作用来划分层次的。基础理论层次学科的任务重在认识客观世界，回答“是什么”的问题，并在此基础上对客观世界改造起指导作用。技术理论层次的任务重在把认识世界的成果转化为指导改造客观世界的理论方法，回答“做什么”的问题。应用技术层次学科的任务则重在研究改造客观世界的方法和手段，回答“怎样做”的问题。这种划分的着眼点是推动军事科学成果向现实战斗力的转化。

二是军事运筹学和军事系统工程的学科定位上。钱学森充分估计近 30 年来高新技术在军事应用中所引发的世界军事革命对军事科学发展的深刻影响。明确地把这两个学科定位分别提升到军事科学的技术理论层次和应用技术层次。

钱学森构建的军事科学体系结构是他自觉运用马克思主义哲学、辩证唯物主义，在毕生科学技术实践经验基础上，立足当代科学技术发展对人类知识体系形成、发展规律进行深刻分析归纳而做出的重大理论概括，具有坚实的理论根据和实践根据。

从理论上说，科学的目的在于认识世界和改造世界。军事科学源于军事实践，通过从实践到认识的飞跃，认识客观世界，又通过从认识到实践的飞跃，改造客观世界并深化对客观世界的认识，达到科学的目的。这两个飞跃不能互相代替，都有自己的学问。军事科学体系结构要更有效推动军事科学发展，就必须符合军事科学发展的基本规律要求，既重视认识世界的学问，又重视改造世界的学问，这就要求体系结构中既有侧重认识世界的学科，又有侧重改造世界的学科，而且这两种学问要具有“平等”层次级的地位。这样就能促进军事科学应用于军事实践，从而也促进军事科学更快地发展。

从实践上说，人类知识体系由低级到高级的发展充满分化与交融，明显的趋势是既有自然科学与社会科学的交融渗透，又有知识体系中科学、技术与工程的分化。军事科学体系结构也不是一成不变的，它应随着军事斗争客观需求的发展而发展，具有鲜明的时代性和前瞻性。新时期军事斗争现实对军事科学发展的突出要求是反映现代科学技术对军事领域广泛、深刻影响，围绕“打得

---

① 张最良. 构建新的军事科学体系——兼谈钱学森构建的军事科学体系结构. 解放军报，2000-2-8.

赢”、“不变质”两大历史性课题，创新军事科学理论，加速军事科研成果向军队战斗力的转化。这就要求在军事科学体系结构中，重视认识向实践转化的学科，加强现代科技与军事科学的结合。这正是钱学森构建的军事科学体系结构的特点所在。

钱学森关于在军事科学体系内建立军事运筹学与军事系统工程的倡议，得到人们的广泛重视。在军委总部的关心和有组织地推动下，军事运筹学和军事系统工程已成为军事科学体系中最富生机、专业研究人员增加最快的学科之一。经过20多年的努力，军内外涉及这两个学科的专业性研究、教育单位已达100个以上，专业人员千余人，军队院校普遍设立了相关课程，博士生培养单位4个，硕士生培养单位20余个，军事运筹学会和军事系统工程专业委员会举行年会、学术研讨会30多次，出版论文集10余本约700万字。军事运筹学和军事系统工程的研究与应用，为解决国防和军队现代化建设及军事斗争准备中的许多主要问题，如国防科技发展战略研究、武器系统论证、军队训练模拟化、作战指挥自动化以及军队管理信息化等做出重要贡献，取得明显军事效益和经济效益，显示出把军事基础理论的一般指导转化为军队建设和军事斗争准备实践的独特作用，日益引起各级指战员的重视。

原军事科学院副院长糜振玉在“军事运筹学学科建设与创新研究的两点想法”中指出“钱老对军事运筹学的‘定位’是十分科学的，也是非常符合军事科学发展实际的。”一定“要落实钱老对军事运筹学的‘定位’，真正发挥军事运筹学理论方法对国防建设、军队建设和高技术战争中的作用。”

二、关于军事科学研究方法的革新

军事科学所研究的军事领域是充满复杂性和偶然性的领域，对这样的领域，研究方法是否有效、得当，关系到能否取得深刻反映客观规律、有力指导正确行动的军事科研成果。

传统的军事科学研究方法，主要就军事学而言，是社会科学领域广泛应用的定性分析、思辨判断方法，如史料搜集、分类比较、归纳演绎、分析综合、概括总结等，一般称之为军事学术方法。它赋予军事科学以艺术的特性。19世纪初叶克劳塞维茨甚至把军事科学称为军事艺术，他描述说：“在这里智力活动离开了严格的科学领域，即离开了逻辑学和数学的领域，而成为艺术（就这个词的广义而言），也就是成为一种能够通过迅速的判断从大量事物和关系中找出最重要和有决定意义的东西的能力”①。

在党的三代领导核心军事论述指引下，应用这种军事学术方法已经在军事基

① 克劳塞维茨. 战争论. 北京：军事科学院出版，1965.

础理论研究与应用方面取得一大批有价值的成果，有力地促进了具有中国特色的军事科学的发展，为军队现代化建设和军事斗争准备做出了显著贡献。

但随着高新技术武器装备应用的迅猛发展，军事力量建设和运用的复杂性和不确定性急剧增加，在军事科学中，有关军事斗争准备和国防建设、军队建设的那些学科，传统的定性分析思辨判断方法，显得不能满足深化研究的需要。特别是在有关现实问题的研究上，有的研究讲一般原则多，讲如何具体做少；讲应当如何做多，论证必要可行性少；讲大而化道理多，分析深层次难点问题少，因而显得“很不深入，很不系统，有分量的成果还不多。”

钱学森敏锐地把握到国防现代化对军事科学研究方法革新的需要，就军事科学研究方法的革新提出了许多有重要影响的创见。

1. 利用现代科学技术的新成果革新军事科学研究方法，大力倡导作战模拟技术的研究和应用

钱学森在 1979 年“军事系统工程”一文中指出，“要利用现代科学技术的新成果来帮助搞好新武器研制……和军事学研究的问题。所谓现代科学技术新成果特别是指运筹学的发展和电子计算机的发展。”

他指出：“从 20 世纪开始，机关枪、飞机、坦克、电子对抗、核武器、核潜艇、远程导弹、电子计算机、巡航导弹、精确制导武器、航天技术等，一个接一个地出现在军事舞台上，一次又一次地促进了战争的战术形式甚至战略思想的演变。处在这样一种军事技术急速变革的进程中，一个突出的问题是：如何使军队在和平时期紧紧跟上这种变革的步伐，以避免在一次新的战争开始后，由于不适应作战方式的变化而不得不付出的生命和物质损失。这是各国军队面临的课题，也是我军实现现代化建设所面临的一个研究课题。解决这一课题的途径是：模拟实际战争的实验室演习……。”

“战术模拟技术，实质上提供了一个‘作战实验室’，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以启发新的作战思想。”

“作战实验是军事科学研究方法划时代的革新”①。

1985 年钱学森在全军第一次作战模拟经验交流会上发表了题为“作战模拟是门重要的科学技术”的报告，又进一步阐述了作战模拟的作用，并指出作战模拟技术不只用于军事，也可以用于经济、外交等领域。

① 钱学森，王寿云，柴本良．军事系统工程，这是 1979 年 7 月在中国人民解放军总部机关领导同志学习会上的讲演稿．

钱学森关于从“作战实验室”学习战争的见解充分考虑了现代军事技术急速变化的新情况，完全符合认识来源于实践的客观规律要求，也为近二十年来国内外军事科研实践所证实。美国率先研究军事革命的现任国防部基本评估办公室主任安德鲁·马歇尔博士在谈到军事革命研究时说：“我们已经进行了相当多的作战模拟，我们还要做更多的作战模拟，在做出决定之前，将会多次通过计算机进行实验。”① 正是他于 1994 年在美国海军学院进行设想 2020 年同中国打仗的作战模拟，使军事革命成为热门话题。

在军委、总部的重视和钱学森等老一辈科学家的指导下，我军作战模拟迅速发展起来。20 年来军内外建立的作战模拟系统达 200 余个，在军事模拟训练、武器装备效能评估、兵力规划、战法研究等方面发挥了不可或缺的重要作用。

为适用我军跨世纪发展和世界军事领域深刻变革的要求，我国国防领域正在积极应用作战模拟技术的新进展特别是分布交互仿真技术提供的能力，大力开展面向联合作战需要的高质量作战模拟系统和作战实验室，为军事科学研究、指战员训练提供尽量接近作战实际的实验手段。

2. 提出“从定性到定量综合集成方法”，为研究复杂军事系统问题提供了有效处理途径

1989 年钱学森等根据开放、复杂巨系统研究中遇到的问题，提出了“从定性到定量的综合集成方法”。这个方法“通常是科学理论、经验知识和专家判断力相结合，提出经验性假设（判断或猜想），而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明，往往是定性的认识，但可用经验性数据和资料以及几十、几百、上千个参数的模型对其确实性进行检测；而这些模型也必须建立在经验和对系统的实际理解上，经过定量计算，反复对比，最后形成结论；而这样的结论就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论，是从定性上升到定量的认识。”② 这样得出的结论和政策建议，“既有定性描述，又有数量根据，已不再是经验的判断和猜想，而是有足够科学根据的结论。”③

这个方法的实质“是将专家群体（各方面有关的专家）、数据和各种信息与计算机技术有机地结合起来，把各种学科的科学理论结合起来，这三者本身也构

---

① 陈伯江．美国高级将领与著名学者访谈录．北京：世界知识出版社，1998.

② 钱学森，于景元，戴汝为．一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论//论地理科学．杭州：浙江教育出版社，1994.

③ 涂元季．关于开放复杂巨系统理论的一些体会．系统研究，1996.

成一个系统。这个方法的成功应用就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势。”[①] 1992 年钱学森进一步提出了这种方法的应用形式——“从定性到定量综合集成研讨厅体系”[②]，这是基于分布式网络环境的群体决策支持环境。

钱学森提出的综合集成方法论回答了 80 年代军事运筹学与军事系统工程学研究应用中出现的困惑，即为什么只靠现有的科学理论和定量方法，不能可信地建立复杂作战系统的模型，也不能有效地解决复杂军用系统的问题。

综合集成方法论在军事科学研究中的应用，大大提高了关于复杂军事问题，特别是战略方案、国防规划之类高层次综合性问题对策性研究成果的可信性和满意程度，是军事科学研究方法的重大创新。

在综合集成方法论的启示下，90 年代以来在解决军事建设与运用的一系列问题中，广泛注意了把军事学与军事运筹学、军事系统工程密切结合起来。既深化了军事基础理论的研究，又推动了军事运筹学与军事系统工程的发展。

90 年代中期开展的深化国防科技发展战略研究，应用综合集成方法论，定性定量结合，提出了从体系对抗要求出发，以武器装备体系建设为中心发展我国武器装备的总体思路，为研究制定我军跨世纪武器装备发展战略提供了有效支持。

三、未来战争模式及其对军事科学挑战

未来战争模式是国防建设和军事斗争准备迫切需要回答的重大现实问题，也是军事科学需要深入研究的重大理论问题。在世界军事领域经历深刻变革的历史时期中，我军要处于主动地位，抓住机遇，实现跨越式发展，就必须对社会技术形态由工业化向信息化转型期，未来战争模式有科学的预测。

钱学森自觉应用马克思主义哲学思想，研究海湾战争显现的高技术战争特点及海湾战争后国内外对世界军事领域深刻变革的讨论。经过系统深入的思考，提出了关于战争模式划分，社会经济与战争模式关系，21 世纪战争形式及我军如何应付等一系列迫切需要研究的军事科学研究重大课题。

1995 年 7 月钱学森在国防科工委首届科技学术交流大会的书面发言中，用下面一段话概括了他关于未来战争模式的见解：“从人类历史的进展看，最初出现的战争是徒手战争，然后有了冶炼技术，才出现了冷兵器战争。继之，是由于火药的发明，才出现热兵器战争。科学技术的进一步发展，又导致内燃机的制造和其他机械兵器的制造，于是战争又进而演化为机械化战争。到了

① 钱学森，于景元，戴汝为．一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论//论地理科学．杭州：浙江教育出版社，1994.

② 钱学森 1992 年 3 月 2 日给王寿云的信．

20 世纪 50 年代，更因核技术和火箭技术的发展，出现了远程核武器。远程核武器的巨大破坏力，再加现在高度发展的信息技术和电子计算机技术，变形成现阶段和即将到来的 21 世纪的战争形式：核威慑下的信息化战争。”[①] 钱学森认为这种战争模式还是未来的事物，“海湾战争只是高新技术战的过渡型，未来战争不会是这个模式。”但我们现在就应当着手准备应对。他提出，为了应付未来战争应当“将中国人民解放军组建成为 21 世纪的信息化人民军队”[②]。他认为应当研究“什么是现代战争和下一阶段战争的技术和装备问题。”同时，他又提出“应付核威慑下信息化战争，战士需要具备大学文化水平，更不用说指挥员、领导干部了。”

实际上，早在 80 年代中期，在有关军队现代化问题讨论会上，钱学森就指出“军队要现代化，首先军人的文化水平要大大提高。将来战士要有大专以上文化，领导干部要有硕士文化水平，将军要有博士文化水平。现代化战争所用的武器装备那么复杂，没有高水平的人才使用它，是发挥不了作用的。”[③]

钱学森关于未来战争模式的判断是对海湾战争后我国国防领域专家学者关于高技术战争研讨意见的综合集成与科学概括。它深刻反映了军事与技术相互作用的客观规律，既充分预测到信息革命对军事领域深刻而广泛的作用，又恰当地估计到核武器继续存在将对军事领域的必然影响。这是现代军事科学研究的一项重大命题，指明了研究“打得赢”、“不变质”两大历史性军事科研课题必须面对的挑战，也是一项重大理论成果，对我国国防建设和军事斗争准备的筹划具有重要意义。

江主席在军事科学院建院 40 周年庆祝活动时指出：“军事科学研究要在继续加强基础研究的同时，把主要力量投入到现实问题的研究上来。现实问题研究透了，我们对现代国防建设的特点和规律的认识，对未来军事斗争准备的特点和规律的认识，对新形势下治军的特点和规律的认识，就会大大深化，我们的工作就会加强针对性和更加富有成效，在未来作战中就能立于不败之地”。未来战争模式是牵动一系列问题的现实问题，我们应在钱学森关于未来战争模式研究的基础上继续深入做下去。

四、一点体会

钱学森在军事科学体系建设、军事科学研究方法革新以及军事科学前沿课题——未来战争模式方面所做的一系列开创性研究，贯穿一个指导思想，就是要

---

① 钱学森．在国防科工委首届科学技术交流大会上的书面发言，1996.

② 钱学森．将中国人民解放军组建成为 21 世纪的信息化人民军队，1997.

③ 钱学森．在全军战役理论研讨会上的讲话，1986.

把现代科学技术成果注入军事科学领域，使军事科学在体系上、方法上、内容上现代化，从而更有效地推动军事科学发展，促进军事科学应用于军事实践。

这正体现了技术进步推动军事发展的客观规律要求。恩格斯说过“一旦技术的进步……用于军事目的，它们便立刻……引起作战方式的改变甚至变革”，然而正如罗伯特·容克在《比一千个太阳还亮》一书中所说：“如果只是将军们自己，尽管他们拿出最大的能力，也不可能跟得上军事技术发展上的这些‘量子跃迁’。现在他们需要科学家和他们并肩站在一起，科学家们会帮助他们制订计划，并且当技术上每迈进新的一步时帮助他们修改计划。”①

钱学森作为科技领域的大师，倾注如此巨大的热情和精力研究军事科学问题，体现了他对国防和军队现代化建设的深切关心和基于对客观规律认识而产生的高度历史责任感，他自觉运用马克思主义哲学、辩证唯物论，着眼国防建设重大现实问题，运用先进科学方法创新军事科学理论的勇气和求实精神，一定会鼓舞广大军事科研人员为繁荣发展具有中国特色的现代军事科学，更好地服务于国防建设和军事斗争准备而不懈奋斗。

第三节　钱学森军事理论与人才观*

作为一位杰出的科学家，钱学森不仅为“两弹一星”事业作出了卓越贡献，同时也对我国军事科学研究提出了许多开创性的重要思想和观点。他高瞻远瞩地提出了“军事科学体系”的构想，积极倡导军事系统工程和军事运筹学学科的建立与发展，并对我国国防战略和军事工业改革发展提出了重要建议。

早在20世纪70年代末，钱学森就深刻阐述了“战争是一门科学”的思想。他说：“战争问题尽管很复杂，但它也是客观世界的现象，因而也是有规律的，是可以被认识和掌握的，这就是战争的科学”“由于科学技术的发展，新的武器、装备不断涌现，改变了战争的客观环境，这就要求军事指挥家的思想必须跟上战争环境的变化，总结、提炼出新的规律。”他指出：“我们要用现代科学技术来研究战争的规律，研究战争这一门科学，这就形成了现代军事科学。”

经过潜心研究，钱学森在1998年的一次书面发言中，对军事科学体系作了完整的论述。他指出：“军事科学，在基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程”。

在钱学森的倡导和促进下，我军军事系统工程和军事运筹学学科得以建立并

---

* 本节作者刘程，总装备部宣传部副部长；仇方迎，科技日报记者。

① 王寿云．科学与经验相结合的国防系统分析//军事系统工程理论与实践．北京：国防工业出版社，1998.

不断发展。他将军事系统工程的作用和功能定位为“运用现代科学技术方法，更好地去解决贯彻执行军事路线、军事战略中的实际问题”，并将要解决的主要问题归纳为作战模拟；武器装备系统的设计方案论证、战术技术指标的确定与效能评估，即后勤系统的组织管理；作战指挥体系的设计，即战略问题的定量分析和战争模拟。

1978 年 5 月，在钱学森等的建议下，我军开始了军事运筹学和系统工程的研究试点工作，随即在军事科学院成立了第一个军事运筹研究分析机构。

如今，全军科研院所和院校已有军事运筹学博士授权点 3 个、硕士授权点 18 个；系统工程博士授权点 2 个、硕士授权点 4 个。军事运筹学和军事系统工程已经在我军战略战术、部队编制体制和兵力结构研究等各个方面得到广泛运用，取得累累硕果。

关于我国的国防战略，钱学森提出了一系列具有全局性、前瞻性和可行性的重要建议。他在 80 年代就指出，局部地区的“小仗”可能是我们到 21 世纪初主要的战争样式，要搞一些平时必须保留的、精锐的可以马上打仗的部队，应认真从军队编制、装备上解决这一问题。这些建议受到军队领导机关的高度重视，如今已在实践中得到体现。

他还提出军工企业要实行“军民结合”，而民用企业要实行“民军结合”的观点，以及用“柔性自动化生产系统”改革军工企业的观点，为我国军工企业的改革和民用企业的战时动员准备，提供了重要思路。

晚年，钱学森还特别强调了军事科学要开展跨学科研究的问题。1999 年，他对前去看望他的总装备部和军事科学院的领导同志说科学的发展离不开各学科相互交叉、相互作用、相互借鉴。

他说，国防建设是个大系统，在实践中遇到的都是大问题而专家们往往从自己的专业出发看问题，带有很大的局限性，应提倡各学科间的互相交流和讨论。“我主张军事科学院、国防大学和总装科技委，甚至包括军兵种的人要在一起多加讨论，加强联系，加强合作”。他期望着我军军事科学及相关学科的研究在 21 世纪能有一个更大的发展。

谋求中国军事高科技和军队现代化建设的长远发展，是钱学森毕生的夙愿，因此，他以科学家的超前目光，对国防和军队科技人才培养提出了高屋建瓴的见解。

总装科技委的汪成为院士记得，自 1985 年以来钱学森曾先后四次与他谈起关于“科技帅才”的话题。钱学森说：“现在要求培养一批科技帅才，即一批工程师加科学家加思想家的人才”；“当帅才的，在领导实现一个明确的目标时，应该从基础应用到工程实践，都能够考虑到”。

他说：“我要求你们做的，超出你们所熟悉的范围。你们应该努力成为科技

帅才，因为这是社会主义建设的需要”。

我国载人航天工程总设计师王永志院士也记得，在钱学森身边工作的日子里，他一再被要求从系统工程的角度打破专业局限来分析和思考问题。钱学森支持新学科扶植边缘学科，每一种创新的观点和设想都能得到鼓励。他说：“要提倡创新思维，正确与否交给实践去检验”。正是在钱学森的建议和支持下，王永志 30 多岁就当上了新型导弹的总设计师。

早在 1986 年，钱学森就认为，高技术革命必将带来军事技术的迅速发展，军队将成为知识密集的部门。未来战争将广泛使用各种先进武器系统，战场情况错综复杂，从而对指挥人员的科技文化和军事素养提出更高要求。

他在分析外军与我军军官的文化水平后敏锐地指出，为应付未来可能发生的战争，军队干部应逐步达到大学以上文化水平，师职干部应是硕士，军职干部应是博士，战士的文化水平也要相应提高。

钱老的远见卓识受到中央军委、总部的高度重视。从 1987 年起部分军队指挥院校开始招收军事学硕士研究生，90 年代以来军队指挥院校和科研院所的研究生教育更有了较大发展。如今，全军已有数千名干部获得军事学硕士学位，数百名干部获得了军事学博士学位。

今年已九十高龄的钱学森，仍时刻关心着国防高科技和军队现代化建设的进展，叮嘱前来看望他的军委领导同志要抓紧科技发展战略研究和人才队伍建设。

在钱老家中他卧榻正对面书架上最显眼的地方摆放着“神舟号”航天飞船的模型。透过飞天的神舟，他那智慧的目光注视着祖国腾飞的未来。

第十一章　国防科技大学建设思想

第一节　中国人民有志气，独立自主创七系*

1979年经邓小平同志同意，长沙工学院改建为国防科技大学，列入军队院校序列，归属国防科工委领导。钱学森副主任受国防科工委党委委托，亲临长沙主持学校组建工作。他亲自作报告，召开教师座谈会，进行调查研究。钱老提出："按学科设系，理工结合，以工为主"的组建方针，转变了原军事工程学院按军兵种设系，按武器装备型号设专业的格局。这个组建方针是钱老根据科学技术发展规律，吸收国内外办大学的经验，结合我军培育人才的需要和特点而提出的，它对往后国防科技大学的发展壮大，出人才、出成果奠定了基础，开辟了前进通道。据此，国防科技大学共组建了八个系，其中七系，全名为系统工程与数学系，它把在中国新兴的管理技术——系统工程，与独立于自然科学门类之外的数学，联结在一起成为一个系。这在古今中外是一个创新，充分体现出钱老的中国人民有志气，自主创新的科学思想和胆识魄力。

为组建七系，钱老调集了飞行器总体专业、电子信息专业、计算机专业等部分骨干教师，联同原数学教研室全体教师一起构成七系教师班底，由孙本旺教授任系主任，并指定他的亲密战友许国志研究员兼任系副主任。钱老召集全体教师座谈，谆谆教导大家，搞系统工程的同志要学习数学方法，搞数学的同志要贴近工程实际，发挥学科交叉的优势。

钱老强调："搞系统工程不能坐而论道，要明确服务对象，七系首先要抓飞行器系统工程与信息系统工程"。他选定上述两领域的两本国外的专著，要求大家通读，并规定每周讨论一次，由一名教师重点准备作中心发言，大家讨论各抒己见，最后主持人总结，明确问题，下周继续同样进行下去。这样，使教师很快地了解学科的基本内容和前进方向。与此同时，钱老建议并牵线与七机部一院、军队有关部门等加强联系，相互派员定期交流，共同立项开展科学研究，比较顺利地完成了一批科学研究成果。在闯与创的思想指导下，新生的七系开始走出一条路子来了。

由于钱老在全国大力倡导系统工程，农业现代化研究中心首先响应，与七系

---

* 本节作者汪浩，国防科技大学原政治委员。

挂起钩来，着手用系统工程方法来研究农业现代化问题，而不是孤立地依托各个单位农业技术的进步。为培育农业系统工程人才，先后在湖南桃源和黑龙江海伦开办了三期学习班，从而使系统工程首先闯进了农业广阔天地，七系周曼殊教授被誉为“农业系统工程的开拓者”。钱老闻讯给予大力支持，并热情地为之鼓与呼！

在湖南省政协会议委员的建议下，省科委支持七系与省社会科学院等单位合作立项，运用系统工程方法研究浏阳县经济、科技、社会十年发展规划，获得成功，为县级区域规划提供了新模式，被全国许多市、县借鉴推广。该项目荣获国家科技进步二等奖。该项目的工作经验，被钱老提升吸收，并与多方面的研究成果相融合，形成了由钱老提出的“从定性到定量综合集成研讨方法”——系统工程方法论。

湖南省委组织部还委托七系承办“湖南省领导干部系统工程培训班”。从1980年开始，每期半年，一直延续下来办了21期。

国防科技大学系统工程与数学系（七系）在钱老勇于开拓、自主创新的科学思想指导下，前后经历了20年。在这20年历程中，呈现一片兴旺景象，出人才、出成果，培育出不少优秀人才。主持国防大学作战仿真的技术少将胡晓峰，国防科技大学理学院院长吴翊教授，都毕业于七系。特别要指出的是三名被中央电视台《东方之子》报道的七系学子：一名是号称中国比尔·盖茨的求伯君；另一名是中科院系统科学研究所所长、973项目首席科学家高小山；再一名是美国耶鲁大学经济学终身教授陈志武。他们是七系系统工程专业的毕业生，他们在自己的事业中均有突出的创新思想和卓越的科研成果。这充分证明，由钱老创建的七系确实具有学科交叉和自主创新的优势。

回顾历史，不能不令人对钱老的英雄气概和自主创新的科学思想肃然起敬。诚如宋健同志在2001年钱学森院士90寿诞报告会上的报告标题所指出的：钱学森同志是——科学技术的巨擘，中国人民的骄傲！

第二节　情牵国防科技大学，培养科学技术帅才*

惊悉我国杰出的科学家、中国“航天之父”钱学森同志不幸逝世，国防科技大学全体官兵不胜哀恸。钱学森同志生前曾5次到原军事工程学院和国防科技大学，给予极其重要的指导和关心。回忆钱老对学校的关怀关爱和教诲嘱托，仍觉言犹在耳，情景历历在目。

---

* 本节内容原载2009年11月19日《人民日报》。作者张育林，国防科技大学校长；徐一天，国防科技大学政治委员。

一、提出中国同样能造火箭、导弹

钱学森同志回国后非常关心军事工程学院的建设。1955 年 11 月 25 日，刚刚归国不久的钱学森同志，便来到哈尔滨军事工程学院，陈赓院长清晨从北京乘专机赶来迎接。陈赓说："我们军事工程学院打开大门来欢迎钱学森先生，对于钱先生来说我们没有什么密要保的。"陈赓一直陪同钱学森参观。当看到一个非常简陋而又原始的固体燃料火箭试验装置时，陈赓大将问："钱先生，您看我们中国人能不能搞导弹?"钱学森说："有什么不能的，外国人能干的，我们中国人为什么不能干？难道中国人比外国人矮一截!"陈赓兴奋地握住钱学森的手说："好，我就要你这句话。"钱学森后来才知道，陈赓当时是带着国防部长彭德怀的指示来专门请教他的。

当天晚上，陈赓院长宴请他时，钱学森说："短短 3 年，就建成了这样一所恢弘而先进的大学，开设了如此众多的尖端专业，这在世界上也是一个奇迹。将来中国的军事科学专门人才，主要靠军事工程学院输送了。"

1959 年 1 月 23 日，钱学森同志第二次访问哈军工，专门就导弹工程系成立后与国防部五院的合作问题交换意见。1959 年 2 月 15 日，中央军委批准"哈军工"正式成立导弹工程系。导弹工程系的成立，标志着中国正在迅速缩小与世界发达国家的差距，已经有能力培养国防高科技人才了。之后，钱学森同志一直关心导弹工程系的建设，1962 年 1 月 17 日专门写信，就该系几个专业教学计划问题与学院进行探讨，并鼓励大家"千万不能因遇到一些困难而退下去，要冲上去!"

二、为组建国防科技大学倾注心血

"文革"期间，"哈军工"退出军队序列，主体南迁长沙，更名为长沙工学院。1977 年 7 月 23 日，刚刚复出的邓小平同志，在家中接见了长沙工学院临时党委负责人。他以政治家的远见卓识，提出在"哈军工"的基础上组建国防科技大学。为贯彻落实小平同志决策，时任国防科委副主任的钱学森同志思考着要把国防科技大学办成一所什么样的学校。

1977 年 10 月 6 日下午，钱学森在国防科委大楼接见长沙工学院各系的同志，指出要很好领会邓小平同志的指示。他说，国防科技大学要有自己特色，不能面面俱到，要有所为、有所不为。钱老专门谈了系统工程专业设置和人才培养问题。他说，技术总体很重要，是现代科学技术的特点，我们要搞国防尖端，可以从研究生培养开始。在谈到材料工艺系要不要撤销的问题时说，材料工艺问题要有所区别，如果属国防尖端科技需要的材料，如复合材料，是尖端发展方向，全国其他大学又没有的专业，我们就办，当仁不让，拼老命也要干。

1978年6月26日至7月5日，钱学森同志与国防科委陈彬副主任来校，全面指导国防科技大学组建工作，历时12天。

6月26日，在学校召开的大会上，钱学森同志作了重要讲话，对如何办好国防科技大学谈了许多战略性、前瞻性的思想。关于教学与研究领域问题，他提出，要用马克思列宁主义毛泽东思想指导一切工作，我们搞国防尖端科学技术，对自然辩证法更应该努一把力，不懂得辩证法是要吃亏的，我主张在座的都要研究自然辩证法，这是无止境的，我们掌握越好，我们的工作做得就越好。

在校期间，钱老多次与校领导、教师谈到如何办好国防科技大学的问题。他说，军事工程学院是毛主席批准创办的，周总理很关心，确确实实是重点中的重点大学。今天回过来看，25年来确实有很大的成绩，今后要办好，应该认真总结过去的经验，如果有什么教训，也应很好的汲取，这点很宝贵。另一方面，事情是变化发展的，我们现在要搞国防尖端技术，很光荣，也很艰巨，只局限于过去的经验是不行的，思想要解放一点，胆子要大一点。

三、为学校确立学科专业设置原则

钱老视学科专业为学校人才培养和科学研究的基础、建设发展的关键。1978年6月，他利用来校宣布命令的时机，就学校教学与科研方向开展了广泛深入的调查研究，提出学校学科专业设置应该包括七个方面：第一是应用力学及其在国防尖端技术装备方面的应用；第二是物理、核物理和技术物理；第三是自动控制方面，或者叫控制和各种制导技术、自动控制技术；第四是电子技术和电子技术在各方面的应用；第五是化学、推进剂、各种材料工艺，还有材料科学里面的尖端，就是分子设计；第六是计算机科学技术；第七是系统工程与数学。他还强调，这七个方面不应单单是教学，包括科学研究。发展尖端科学技术，首先是加强基础和专业基础，但不能丢掉“工”，因为搞工程技术是我们最后的目的。

根据钱老的意见，学校提出了“按学科设系，理工结合，加强基础，落实到工”的原则和具体方案，得到国防科委批准。为了从组织上保证基础与专业、教学与科研的紧密结合，系和专业均按“理工结合”、“落实到工”的原则组建，共设立了应用力学系、应用物理系、自动控制系、电子技术系、材料燃料系、电子计算机系、系统工程与数学系、精密机械系等8个系27个专业。

1979年7月，钱老来校参加教学代表会议时说：在专业设置上强调理工结合，落实到工，是完全对的。把理工结合到一个系里去，这是国防科技大学的创造。

四、指导学校调整五年发展规划

1981年3月26日至4月14日，钱老带领国防科委机关同志来校，指导调

整1981～1985年学校发展规划。在学校19天期间，钱老一行紧张开展工作，就调整学校五年规划提出了许多有益建议，对学校任务和方向、基本建设、实验室建设、科研工作、研究生培养和教育经费投入等方面，一一指出存在的问题和不足，明确调整的内容和要求。

4月12日，钱老同时任学校训练部部长的陈启智进行了长谈。钱老强调，理工结合、培养两高人才，这是共同的规律。现在科学技术发展这样快，不加强数学就不能适应，但落实到工又是肯定的，不能片面理解。现在你们数学课那样讲需要大改革，讲得太细，时数可减少，省去时间让学生作些实验。

钱老专门就学校教学中存在的问题讲了几点意见：刚入校学生年龄比较小、动手能力差、有的人专搞纯理论，要对他们加以引导，培养务实精神；要开展高级科普讲座，开阔他们的眼界；要加强实验课，严格地要求，抓好养成教育，实验报告、作业都要严肃认真，书写工整等。

1981年5月8日，国防科委召开党委常委会议，听取钱学森同志汇报国防科技大学的有关情况，原则同意他对学校建设发展的意见。

五、关注学校人才培养和科学研究

钱学森同志始终关心学校的建设发展，鼓励和鞭策学校站在世界科技发展前沿开展人才培养和科学研究，学校很多科研项目和成果都得益于钱老的悉心指导。

1978年12月4日下午，钱老在办公室接见学校激光研究室高伯龙、黄云祥、史淑贞同志时，仔细听取了学校开展激光陀螺研究的情况汇报，就开展科学研究中的一些重大问题发表了意见。钱老指出激光陀螺是科学尖端，激光是很重要的科学领域，是一项很重要的技术革命，国防科技大学是有基础的。在钱老支持鼓励下，高伯龙带领团队30多年锲而不舍，使我国在这一领域的多项研究处于世界领先水平，高伯龙成为中国工程院院士。

20世纪八九十年代，钱老先后给学校原二系谭暑生教授通了30多封信，3次接见他，多次阅读他的研究论文、提出指导意见。1984年2月14日，钱老在给学校赵伊君院士的信中表示："标准时空论成立。""这个观点是符合马克思主义哲学的，也是我们比外国人的高明之处"。并对谭教授"致力于理论工作表示敬意"，鼓励他"什么也不怕，胜利总要到来！"

1991年6月18日，钱老在给时任国防科工委科技委主任朱光亚的一封信里，谈了对在国防科技大学试点培养科技帅才的想法。信中说：为了迎接21世纪社会主义中国建设的需要，有必要再开创一个高等教育的新时代，培养科学技术帅才的时代。不但理工要结合，还要理工加社会科学，可以先在国防科技大学进行博士生试点。

1997年4月6日，钱老敏锐洞察世界科技发展趋势，在给时任国防科工委科技委秘书长王寿云同志一封信中指出，量子计算机可能是计算技术的新而最有力的苗头，我们要紧紧跟上。随后，学校成立了“量子通信与量子计算”研究中心，在国内率先开设了“量子通信和量子计算”课程，出版了国内该领域第一部学术著作《量子通信和量子计算》，李承祖教授遴选为国家973项目“量子通信与量子信息技术”专家组成员。

从“哈军工”到国防科学技术大学，在学校的发展历程中，钱学森同志的关心和指导具有不可替代的作用。大师已逝，我们将继承您的遗志，继续您未竟的事业，加快创建我军特色世界一流大学，创造更加辉煌的业绩。

第三节　钱学森与国防科技大学系统工程学科建设*

1970年原哈尔滨军事工程学院南迁到长沙，成立长沙工学院。1978年，在邓小平同志的亲切关怀下，长沙工学院改建为国防科技大学，隶属原国防科工委。当时，钱学森任国防科工委副主任，亲自主持了国防科技大学的筹备与组建工作，在钱学森的建议下，建立了系统工程与数学系（简称七系）。钱老对系统工程与数学系的定位、人才培养、学科专业建设等提出了大量指导性意见和建议，为我校系统工程学科发展打下了良好的基础。经过30年来的建设与发展和几次体制编制调整，系统工程与数学系的系统工程部分发展成为拥有系统工程、管理科学与工程、军事运筹学、军事装备学等学科的信息系统与管理学院。

一、钱学森主张学校应按学科专业设系

“哈军工”是按军兵种和武器装备设系和专业的。因此，在国防科技大学组建时，学校部分同志对学科专业设计的意见并不一致。钱学森根据学科发展需要建议按学科设系和专业。在国防科技大学成立大会上，钱老指出，我们要使国防尖端科学技术快速发展，要培养高质量、高水平人才，首先看到的就是加强它的基础跟专业基础，没有好的基础跟专业基础，将来应付不了，跟不上国防尖端技术的发展。既然要在基础课专业基础课方面努力、使劲，那这个系用学科来划分就有道理了。钱老还指出，按学科设系设专业，也有利于基础课、专业基础课和专业课的教员之间进行交流，促进科研工作，提高教学水平。国防科技大学按学科专业设系，设立了系统工程与数学系（七系）、计算机系等八个系。钱老创造性地将系统工程和数学设在一个系，强调搞系统工程的要多学数学，打好数理

* 本节作者谭跃进，国防科技大学信息系统与管理学院院长，教授，中国系统工程学会副理事长；郭波，国防科技大学信息系统与管理学院系统工程系主任，教授。

基础。

二、钱学森要求高起点办学

1977 年 9 月，国防科技大学筹备工作会议在北京召开，会后钱学森随同张爱萍主任接见出席会议的学院及各系的负责同志。钱学森在讲话中强调国防科技大学就是为实现在国防科学技术上赶上并超过世界先进水平服务的，不是办一般的大学，也不是办与全国其他 28 所重点大学那样的大学，主要任务是希望国防科技大学培养能够作为将来向科技现代化进军的主力部队，特别是在国防科学技术上赶超世界先进水平的部队。为办好我校系统工程学科专业，钱老还特别邀请中国科学院许国志院士来我校担任系统工程与数学系副主任，负责学科建设，所以我校的系统工程学科从一开始就受到钱学森、许国志等老一辈科学家的亲切关怀和指导，具有高起点。

三、钱学森要求狠抓专业建设

钱老在 1977 年 10 月 6 日接见学院各系同志时强调：技术总体工程现在高等学校中是没有的，技术总体很重要，是现代科学技术的特点。我们搞国防尖端的，20 年来对此深有体会，不搞不行，系统工程就是要培养系统总体人才。周曼殊教授回忆说，在钱老的系统工程思想中，特别突出总体和协调。在钱老的指导下，我校开设了飞行器系统工程和信息系统工程两个本科专业。这一学科专业设置着眼于国防科技大学传统优势学科——航天工程学科的积累和优长，强化了学校当时的人才培养指向，凸显了信息学科发展的重要性，见微知著地顺应了当今时代高新技术发展的内核和趋势，为我校系统工程学科专业的持续、健康发展奠定了坚实的基础。随着学校办学方向的调整，特别是 1989 后，为适应军队人才培养的需要，学校根据军队现代化建设实际，将飞行器系统工程专业更名为系统工程专业，将信息系统工程专业更名为指挥自动化专业，在信息化发展的牵引下加强了高级军事工程管理技术人才的培养指向，取得了更为集约和显著的教育效益。事实证明，正是钱老的富于前瞻性和构建性的指导，保证了国防科技大学的系统工程专业教育的超前性和独特性。系统工程专业属于交叉学科，涉及学科面极广，具体到某个系统工程专业，如军事系统工程专业，还会涉及军事装备学、军队管理学、军事运筹学等学科专业领域。因此，筹划系统工程学科的发展，必须要有学科融合和整合的意识。钱老对系统工程学科的科学构建，正是得益于其高瞻远瞩、涉猎广博和洞察深邃的科学审视和战略筹划能力。有鉴于此，建立和探索系统工程学科专业的教育模式，最基本的着眼点应当指向交叉融合，创新发展。在钱老的指导下，国防科技大学系统工程学科专业建设一直紧紧围绕部队发展需要的“装备、信息、人才”三要素，抓住军队信息化建设和装备建设

这一大好时机，促成“理、工、军、管”多学科交叉融合，创新并实践了具有自身特色的系统工程专业发展道路。

在课程设置方面，钱老曾指出，一是加强基础课和专业课，包括哲学和外语，基础打不好不好往上垒，上层建筑也办不好；二是要重视实验教学。这些睿思和先见30年来一直深深影响着系统工程专业的教学实践和课程设置。国防科技大学在设置系统工程专业的课程时，坚持“数学、英语、计算机、科学实验”四个不断线，并一直据此认真制定课程教学大纲，理顺课程系列之间的关系，提出了按课程系列设“三个层次、三种课型”的课程体系结构，即每个课程系列设本、硕、博三个教学层次和“专业核心课”、“专业方向课”、“前沿课”三种课型。如在本科教学层次，除1、2年级公共基础课程外，学科基础课分为三个系列课程：应用数学课程系列、系统工程课程系列和计算机与信息课程系列；专业课设置了两大系列：信息系统工程课程系列和装备系统工程课程系列；为增强学生实际分析问题与解决问题的能力，系统工程专业还在教学计划中设置了为期2周的综合性课程设计——装备系统工程综合课程设计，由学生根据教师介绍的课题背景和提出的若干需解决的问题，开展研究和实践活动，培养其创新意识和创新能力。

钱老非常关心教材建设，亲自过问教材建设情况。1979年9月19日钱老在给我校系统工程与数学系飞行器系统工程教研室周曼殊副教授的信中曾关切询问：“702教研室工作想已逐步就绪，教材编写工作开展得如何？……”。鉴于学科建设刚刚起步，一些专业方向本身还是研究项目，缺乏完整的资料，钱老建议，系统工程专业教育的教材编写应当仿效20世纪20年代化学工程、航空工程，50年代核能工程、计算机技术，60年代激光技术的教学方式，教学生的过程也是研究学问的过程，教师一面研究一面教，学生一面学一面研究。七系建系初期，钱老指定了外文的飞行器系统工程和信息系统工程两本书要七系的老师学习研讨，每周报告一次。我校系统工程一直重视教材编写工作，结合国内外研究成果和我们自己的科研成果，编写了一大批教材。近年来，我们编写并正式出版了60余部教材，其中以《系统工程原理》为代表的系统工程理论方法系列教材共10部，以《信息系统工程丛书》为代表的信息系统工程系列教材共25部，以《武器系统分析》为代表的装备系统工程系列教材共8部以及运筹与管理系列教材18部。这些教学实践的总结成果，在国内系统工程学界产生了较大的学术影响，多种教材填补了信息系统工程学科专业的教材空白。

四、钱学森对科研工作有具体指导

建系后，从1980年开始，我系抓住当时国家大力开展经济建设的机遇，在汪浩、周曼殊等教授的带领下，率先运用系统工程的理论方法，开展了农业系统

工程的研究，研究完成了湖南省浏阳县、黑龙江海伦县、北京市房山区等全国50多个地区（省、市、县）的区域经济、社会、科技发展规划，在全国多次开办了农业系统工程培训班，培养了一大批农业系统工程人才，在区域规划和农业系统工程领域做出了开创性的研究工作，推动了系统工程在国内的普及与发展。“浏阳县经济、社会、科技发展规划”获国家科技进步二等奖。七系周曼殊教授被誉为农业系统工程的开拓者。对此，钱老非常高兴。钱老在1985年4月20日写给周曼殊教授的信中写道：“我非常高兴地收读您四月十五日的来信，因为：系统工程用于农业，成功，而且生意兴旺，能成为商品；你们正在实现中央的科技体制改革；……”。1989年随着学校任务的调整，我们将科学研究的重心从面向国民经济转为军队信息化建设，紧紧围绕武器装备体系和军事信息系统建设的重大需求，研究和解决我军武器装备论证和军事信息系统建设发展中的基础理论、关键技术和工程实践问题，逐步形成了信息系统工程、装备系统工程、系统建模仿真与评估、系统理论与优化决策四个国防和军事特色鲜明、理论与应用相结合的学科研究方向。在指挥信息系统、全军干部队伍、后勤保障、武器装备等建设的规划论证、设计与优化等方面进行了深入研究，取得了一批高水平的科研成果。

钱老指出要研究复杂系统可靠性要用不那么可靠的元件构成高可靠的系统，要研究仿真技术，并多次对系统工程专业的科研工作提出具体的指导意见。1980年1月15日钱老在给我校系统工程与数学系飞行器系统工程教研室周曼殊副教授的信中写道：“来信收到，我赞成春节后来京访七机部，挂起钩来好。你们来时，我建议找七机部708所何国伟同志谈谈，他是搞可靠性的……”。

30年来，我们一直坚持开展武器装备系统可靠性、维修性、保障性、安全性方面和系统仿真与论证评估方面的研究，取得了一批重要科研成果，成为我国在该领域的重要研究力量。

五、钱学森希望培养科技帅才

钱老一直希望国防科技大学能培养科技帅才。1991年，钱老在写给国防科工委科技委员会朱光亚主任的信中说“为了迎接二十一世纪社会主义中国建设的需要，我想有必要考虑在MIT时代及CIT时代之后，再创建一个高等教育的新时代：培养科学技术帅才的时代。不但理工要结合，要理工加社会科学。”“具体怎么办？我认为可以先在国防科技大学进行博士生试点。”

可以说，正是钱老的高瞻远瞩的设计和不间断的关怀，国防科技大学的系统工程学科专业教育才取得了巨大成功。在实践钱老的系统工程学科专业教育的思想过程中，该学科专业取得了丰硕的人才培养成果和可喜的社会宏观效益，自建立系统工程与数学系以来，共毕业了本科生1980名、硕士生1909名、博士生

210 名，为湖南省县处级以上领导开办了系统工程研究班，每期半年，到目前为止，共举办了 21 期。培训军队和地方领导干部和技术干部 1600 余名。毕业生中涌现出许多优秀的人才，如被中央电视台《东方之子》报道的七系学子：中国科学院 973 两个领域的首席科学家高小山和中国软件产业的代表人物求伯君，“求是奖”获得者国防大学教授胡晓峰少将，航天科技集团八院院长袁杰，美国麻省理工学院终身教授崔之元，美国耶鲁大学教授陈志武等都是他们中的杰出代表。目前，该专业毕业的学生中已有 15 人担任了省部（军）级领导职务，有 100 多人走上了军队和国防工业部门相关单位的师、局级领导岗位，有 20 多人担任国家 863 和总装备部专业组专家。他们是七系系统工程专业的毕业生，他们在各自的岗位上表现出具有突出的创新思想，取得了优异的科研成果。这充分证明，由钱老创建的七系确实具有学科交叉和自主创新的优势。

六、结束语

我校系统工程学科专业从创办以来，坚持钱老指引的正确方向，不断优化、拓展着系统工程专业的学科深度和广度，大力开展学科专业建设，“系统工程学科专业与教学体系建设”课题获国家教学成果二等奖，取得了“浏阳区域经济、社会、科技发展规划”等一大批国家和军队科技进步奖，“系统工程与管理”教学团队被评为国家级教学团队，建设了 C^4ISR 技术国防科技重点实验室，“武器装备体系设计与优化”被列为 211 工程建设项目，国防采办管理列入国家“985 工程”创新基地建设。1986 年，国防科技大学获得了系统工程学科博士学位授予权，1996 年被评为部委级重点学科，2007 年被评为国家级重点学科。同时以系统工程为基础，创办了管理科学与工程、军事运筹学和军事装备学学科。2006 年在全国一级学科整体水平评估中管理科学与工程排名第四。军事运筹学、军事装备学先后获得博士学位授予权。我校系统工程学科将紧密结合信息化武器装备体系建设以及新一代综合电子信息系统、空间攻防对抗、一体化联合作战等涉及国家安全的重大工程开展科学研究和人才培养，为国防和军队信息化建设作贡献。

回顾 30 年的系统工程专业发展历程，钱老的谆谆教导历历在目，30 年来，我们一直坚持钱老的系统工程办学思想，在学科专业建设方面取得了重大成绩。阅读了钱老在筹建我校和七系的大量讲话等历史文档后，对钱老的学术巨人气概、远见卓识的智慧，从心底产生由衷的敬佩，也为能成为钱老亲手创建的国防科大系统工程专业的建设团队一员感到无比自豪和荣耀。愿钱老的系统工程思想永放光芒。

谨以此文纪念钱学森一百周年诞辰。

第四节　钱学森与原国防科技大学的组建*

1970 年，“哈军工”南迁长沙后，学院一直希望重回军队序列。1978 年，在邓小平同志的亲切关怀下，长沙工学院改建为国防科学技术大学，隶属国防科委领导。当时，钱学森任国防科委副主任，亲自指导了国防科技大学的筹备与组建工作，尤其是在国防科技大学的定位、人才培养、学科专业设置以及如何办好国防科技大学方面提出了大量指导性意见和建议，为国防科技大学的发展打下了良好的基础。

一、关于学校的定位，钱学森强调学校要为“国防尖端科技”服务，不是办一般的大学

1977 年 9 月，国防科技大学筹备工作会议在北京召开，会后钱老随同张爱萍主任接见了出席会议的学院及各系负责同志，钱老在讲话中强调国防科技大学就是为实现在国防科学技术上赶上并超过世界先进水平服务的，不是办一般的大学，也不是办与全国其他 28 所重点大学那样的大学，主要任务是希望国防科技大学培养能够作为将来向科技现代化进军的主力部队，特别是在国防科学技术上赶超世界先进水平的主力部队。钱老还特别指出即将组建的国防科技大学与中国科学院办的中国科技大学的区别，钱老说，中国科技大学与国防科技大学有相像的地方，都是突击赶超的，但赶超的任务不完全一样，他们基础科学理论学得多一点，我们侧重于应用是拿出武器来，他们是动文的，我们是动武的。我们同中国科技大学有不同之处，要拿出尖端的东西来。1978 年 6 月 6 日，国务院、中央军委批发国发（1978）110 号文件，即《关于成立中国人民解放军国防科学技术大学的通知》。6 月 26 日，钱老与国防科委陈彬副主任到学校传达 110 号文件精神。钱老详细阐明了 110 号文件所规定的国防科技大学的任务，针对他所了解的部分同志对“尖端”一词理解不透彻，认为提“尖端”，是不是不谦虚，想冒尖。他幽默地说，“尖端”一词不是我杜撰的，“尖端”两个字是我们伟大的领袖和导师毛主席制定的，毛主席对于我们搞的这些东西概括起来称之为“尖端”技术。有别于国防常规技术。所以我是有依据的。钱老认为，毛主席也不是随随便便的提国防尖端技术的。他说在我国，对国防尖端技术各个方面的要求跟国防常规技术是不一样的。我们国家搞国防尖端技术在质量方面，就是技术的水平方面，力争赶上、超过两霸。你们学校的任务就是联系到国防尖端技术。1981 年 3 月，

---

* 本节内容原载《解放军档案》，2007 年纪念建军 80 周年特刊。作者朱国庆，国防科技大学档案馆馆员；杜牧野，国防科技大学档案馆馆长。

钱老前往国防科技大学调研，针对学校一些领导和教师反映“光为国防尖端技术服务面太窄了”，对学校任务和方向认识不清的情况，钱老给学校全体教员和干部列举了当时国防尖端技术中急需解决的 21 个问题，指出国防科技大学是战斗在现代科学技术最前沿的一支队伍，学校为国防尖端技术培养技术人才和开展科学研究工作不是面窄，是有广阔的前景。90 年代中后期，钱老仍然关注着国防科技大学，希望国防科技大学能紧跟国防科技前沿。1997 年，钱老在给国防科工委科技委王寿云秘书的一封信中写道“量子计算机可能是计算技术的新而最有潜力的苗头，我们要紧紧跟上，我想中国国防科技大学既有很强的计算机力量，又有原子物理、电子学、化学，是可以研究开发量子计算机的。……国防科技大（学）要再带个头！这是机遇。”

二、关于人才培养问题，钱学森认为国防科技大学要培养科技“帅才”

1991 年 6 月，80 岁高龄的钱老写信给国防科工委科技委员会朱光亚主任，信中说，“为了迎接 21 世纪社会主义中国建设的需要，我想有必要考虑在 MIT 时代及 CIT 时代之后，再创始一个高等教育的新时代：培养科学技术帅才的时代。不但理工要接合，要理工加社会科学。”“具体怎么办？我认为可以先在国防科技大学进行博士生试点。”……事实上，自国防科技大学组建起，钱老就希望国防科技大学能培养出“科技帅才”。钱老曾反复强调，国防科技大学要培养的目标不与一般大学等同，我们要培养国防尖端科学技术的突击力量，攻关力量。如何培养？钱老认为，一是加强基础与专业基础，包括哲学和外语。钱老指出，基础课与专业基础课是重头任务，基础打不好，不能往上垒，上层建筑也不好办。他指示由曹副校长当组长，组织一个小组，专门考虑数理化三门课程设计问题和实验室的建设，并要求将自然辩证法与外语纳入基础课抓紧。二是强调能力教育，搞启发式的教学，培养学生的动手能力和自学能力。三是强调专业不要分得太细，要能适应专业的变化。钱老指出在学校学的知识面太窄，针尖对针尖，稍一变动，他们就搞不了，培养这样的人不合算。所谓改行，对一个科技人员来讲总是这样的，随着科技的迅猛发展，一个人的专业方向和内容不去努力适应，是不行的。四是要理工加社会科学。1981 年 3 月，钱老同学校训练部陈启智部长进行了谈话。这次谈话集中反映了钱老对国防科技大学人才培养的思考。钱老说，CIT 是第一流的大学，当时大学生不多，八百多人，研究生也差不多这么多，地方还没有我们这样大，但他们培养出来的人是攻关的，突破的，这点给我脑子印象很深。我们国防科技大学要大力开展科研，多招研究生这是对的，可考虑少招点本科生，搞四年加两年的六年制。理工结合，培养两高人才，这是共同的规律，现在科学技术发展这样快，不加强理，不加强数学就不能适应，但落实到工又是肯定的。钱老指出，教学上问题不少，按讲的情况看，都很好，可以说

是一流的，问题在内容取材，要讲那些真正能解决问题的内容，要很好研究如何培养学生有真正解决问题的能力。钱老说，你们给学生开课外科技讲座的做法很好，要全校搞一月一次高级科普。现在你们数学课那样讲需要大改革，讲得太细，应当讲要点，省去时间让学生做些实验。我们要结合中国的实际，学校的实际，自己创新。你们的教员当中看起来框框比较多，比如开展学术交流，启发式教学，因材施教，培养学生独立学习的能力。

三、在学校学科专业体系建设上，钱学森主张学校应按学科设系设专业

在 50 年代特定的条件下，"哈军工"是按军兵种和武器装备设系和专业的。因此，在国防科技大学组建之初，学校部分同志对学科专业设计的意见并不一致。对此，钱老在国防科技大学成立大会上，对学校教学与研究领域归纳了七个方面：第一是应用力学方面的学科；第二是物理、核物理和技术物理；第三是自动控制方面；第四是电子技术跟电子技术在各个方面的应用；第五是化学、推进剂、各种材料工艺、分子设计；第六是计算机科学技术；第七是系统工程和数学(1979 年，钱老在学校参加教学代表会议时，加了一点，"看来要搞电子计算机管理和控制的加工与计算机控制检测技术")。钱老说，我也不要过早把倾向性的意见说出来，但还是有倾向性，我倾向于按学科分。道理就是因为我们总结了过去的经验。我们要使国防尖端技术快速发展，要培养高质量、高水平的人才，首先要看到的就是加强它的基础跟专业基础，没有好的基础跟专业基础，将来应付不了，跟不上国防尖端技术的高速度发展。既然要在基础课专业基础课方面努力、使劲，那么这个系用学科来划分就有道理了。钱老同时指出，按学科设系设专业，也有利于基础课、专业基础课与专业课教员之间进行交流，促进科研工作，提高教学水平。

四、在如何办好国防科技大学的问题上，钱学森提出了大量具体的建议

在国防科技大学组建前后，钱老多次与学校和各系各部门负责同志、老教授、各教研室教员进行座谈，听取他们对办好国防科技大学的意见、建议和想法，然后向国防科委和学校党委提出自己的意见和建议。在 1978 年国防科技大学成立大会上，钱老就曾就学校的建设提出七点意见：一是成立校的学术委员会，请全国的专家来参加；二是加强专业师资建设，特聘教授，跟其他高校互通有无，调请其他单位专家；三是活跃学术气氛；四是组织学员到对口单位学习；五是仪器设备现代化；六是加强基础课；七是加强组织管理。1979 年 7 月，学校首届教学代表会议召开，钱老到校参加了教学代表会议。时隔一年，钱老对国防科技大学的全面建设有了进一步的思考，向当时的学校临时党委提出了十点指示：关于学校总的设想；学校的布局与基本建设；教学中的共同课；教学中的基

础课和专业基础课；专业问题；型号研制工作；教师队伍建设；关于加强全校的统筹调度，提高工作效率；成立一个小的研究单位，对全校工作提出建议，总结经验；适当宣传，使人们对国防科技大学有个正确的认识。1981 年，钱老到校了解教学情况，并协助学校调整五年教育规划，再次就学校建设问题提出许多意见和建议，并专题向国防科委党委进行汇报。

面临新时期新任务，钱老反复强调我们搞国防尖端技术很光荣，也很艰巨，只局限于过去的经验不行，我们办学就是不断创新的。他多次引用当时领导人的话鼓励学校“决心要大一点，思想要解放一点，胆子要大一点，步子要迈得大一点，主意要多出一点。”

钱老的思想对国防科技大学的影响是显而易见的。1978 年，学校正是按照钱老的意见，经过论证，决定按学科设系，由校系主办专业，并以“理工结合，加强基础，落实到工”为培养人才的指导思想。1999 年，中央军委决定组建新的国防科技大学，学校隶属中央军委领导，改为校院系三级管理模式，学科专业体系也有了较大调整，但基本框架没有变，为“国防尖端科技”服务没有变。2004 年学校组建了人文与社会科学学院，从而实现了钱老所说的理工与社会科学的结合。1978 年以来，国防科技大学正是瞄准“国防尖端科技 ”，取得了以“银河”巨型机为代表的一系列重大科技成果，也正是以“国防尖端科技”对人才的需求为牵引，为国防科技战线培养了大批科技精英。

第十二章　国防科技思想

第一节　高瞻远瞩，运筹帷幄，情系中华*

2011年12月11日是钱学森一百周年诞辰，斯人已逝，风范永存。回忆在钱老领导下工作的岁月，感慨万千，谨写此文以志念。

钱学森从1955年冲破重重障碍与阻挠，回国参加祖国社会主义建设和创建我国导弹与航天事业，半个多世纪的岁月里，在党和国家领导人的领导下，钱老呕心沥血，百折不挠地把他的全部身心，无私地奉献给祖国的国防现代化事业，投入到开拓和发展祖国的导弹、航天产业。改革开放以后，他又致力于创建系统工程，并取得了巨大的学术成就和社会效应。

1955年10月钱老回国，同年底军委领导即派有关部门听取钱老关于研制导弹的有利条件与需要解决的问题。1956年2月钱老在周总理的授意下提交了《建立我国国防航空工业意见书》。同年，国务院、中央军委决定成立国防航空工业委员会（简称航委），聂荣臻任主任，钱老任委员，负责筹建导弹研究院（国防部第五研究院），并委任钱老为第一任院长，同时确定了五院建院方针，“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”①。1956年10月，为了更好地贯彻“利用资本主义国家已有的科学成果”这一部分的建院方针，航空委员会决定在其下面专门成立了科技资料编辑室（现为总装科技信息研究中心），开展收集、整理、编译、出版与交流外国的科技研究成果、资料方面的工作。

1975年笔者从总参三部干校（后来的解放军洛阳外国语学院）英语教研室调到航委编译室，参加的第一项任务就是美国出版的《导弹设计原理丛书》的1～5卷的译校工作。这是国内出版的第一套有关导弹设计原理的专著，在译校过程中遇到不少翻译、定名等问题，如Boaster，Homing，Guidance等词，都是在亲自请教钱老及其他专家后，才解决的。钱老还为该丛书的中译本作序，他指出原著作者编写的导弹设计原理是“难能可贵的”，“该丛书中译本的出版对有关工程技术人员，特别是刚刚参加工作的工程技术人员也是有益的”学习参考书籍②。

---

* 本节作者柴本良，总装科技信息研究中心研究员。

① 聂荣臻传. 北京：当代中国出版社，1994：571.

② 情报研究所. 北京：国防工业出版社，1995：77.

几十年来，钱老十分关切国防科技信息中心的业务建设、发展方向等重大问题，经常亲自下达研究课题，并亲自指导、审阅。仅以我在 20 世纪 70 年代受领关于当时的麦克纳马拉入主国防部后运用系统分析等技术对武器系统研制与采购管理实施重大改革的调研课题，以及后来的美国国防部长施莱辛格就任后对美国的军事战略实行重大变革等调研课题均由钱老亲自下达和指导的，并亲自审阅和试听了由我编写的《美国军事战略思想的重大变革》和其他同事编写的关于美苏法等国战略武器的发展情况等调研报告①，并组织向当时的国防科委、二炮及二、七机部领导同志的多次汇报会。20 世纪 70 年代末，钱老积极创建系统学。1978 年初，国家筹备召开全国的第二个科学大会期间，当时军委国防科技装备办公室王勉同志代表国防部参加大会筹备工作。其间他专门来到我所，要求积极配合大会的召开，提供有关情报资料。他特别指出钱老等许多科学家和有关专家积极主张把系统工程列入全国科技发展纲要，军委及总部领导也认为我国的国防现代化很需要发展这种科学管理技术。他要求我所积极收集和整理这方面的资料，供首长决策。所领导当时决定将这项任务交给了在场的我和陈宝庭、王芝仙同志负责落实。从此，我在钱老的领导下，开始参与了系统工程的宣传与普及和创建与推广工作，并有幸能有更多机会亲自听取钱老的指示和教导，同时在长期的工作过程中，我逐渐地领悟到钱老对发展我国国防高新技术事业有着一整套的发展战略思考。鉴于我所处的工作层次和水平的限制，现就钱老的若干个战略思考试述如下：

（1）20 世纪中期，国际上很多科技有识之士认为当今世界正从“大规模生产年代”转向“大规模工程年代”②，我国必须采取重大举措，组织国家级的高新科技工程项目，不失时机地抢占高新科技发展制高点，全面带动国家的科技与经济事业，增强国家的综合实力。

20 世纪 40 年代，钱老在美国加州理工学院喷气推进实验室工作，并任第一任主任，同时兼任哥达德航空中心讲座教授③，这些单位都是国防高新技术的研发单位，直接参与美国导弹等尖端武器的研发过程。这些新一代的武器系统由于采用大量的新的高科技的研发成果，研制、试验任务繁重，参与的科研、试制与生产的部门众多，费用大幅度上升，而且任务需求十分紧迫，为此，美国政府专门设立了科学研究与开发局，全面负责这些国防研制与生产项目的组织协调工作。钱老回国后向中央提交的《建立我国国防航空工业的意见书》④ 中所体现的

① 情报研究所．北京：国防工业出版社，1995：92.

② 科学，技术与管理．北京：国防工业出版社，1978：3.

③ 创建系统学．太原：山西科学技术出版社，2001：2.

④ 当代中国的航天事业．北京：中国社会科学出版社，1986：441～466.

他对组织国家级的导弹、航天等大型国防尖端高新技术工程项目的总体规划设想的战略思考，是建立在他的亲身经历的实践基础之上的真知灼见。在五院的组建和发展过程中，他卓有成效地贯彻“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的建院方针，始终坚持走自行设计、自主创新的发展道路。在五院创建初期，钱老指示我们引进国外发展高新技术所采用的一些系统工程的理论与方法，并和五院其他领导同志一起创造性地推行了一套适合当时国情的组织管理制度与措施，如总体设计部、统一领导下的行政与技术的两条指挥线，科研生产的“三步棋”、计划协调技术与动态调度等一整套大型工程项目的组织、协调与管理机制等①。用比西方大国更短的时间，我国的导弹、航天事业从无到有，从小到大形成了专业学科齐全，研制、生产、试验、发射配套，军品民品并举的国际一流的产业，从而极大地提升了我国的综合国力和国际地位。这些丰功伟绩的取得，是与老一辈党和国家的领导人及老一辈的科学家和全体科技工程人士的毕生的奋力拼搏密不可分的。

改革开放初期，钱老再次在不同场合提出组织国家规模的大型科技工程项目的建议。钱老关于组织国家级的大型高新技术工程项目的战略思考充分反映出钱老对科技发展的客观规律有着深刻的理解，并已被我国导弹航天事业证实是完全正确和必要的，同时还证明这样的战略思考与措施是促进一个新的技术革命向新的产业革命过渡的必不可少的组织保障措施。

（2）大力发展军事系统工程，进一步加速我国国防建设事业的现代化和科学化的进程。

纵观人类历史上经历的数次技术革命、产业革命和重大的社会变革，都是以新的一轮技术革命为先导，继而引发新产品的研发和创新，从而导致新产业的诞生。这些新产业的生产组织方式甚至生产关系必然也会发生新的改革与创新，甚至会导致社会变革或革命。军事领域的历史发展过程也不例外。20 世纪五六十年代美国开始新一轮的军事高新技术研究，经过研发与创新，产生了新一代的高新尖端武器装备，如大型导弹核武器系统以及许多电子、侦察、通信等新装备。这些当代新型武器装备的作战性能，如射程、射速、精度与杀伤力等指标，均发生了重大的质的变化，从而使得原有的军事作战与指挥、通信与侦察、军事演习、后勤保障，甚至兵力结构等均发生了重大的创新与改革，最终导致了作战条例与条令以及作战理论的创新。

当代大型高新武器系统的产生同样也令军事科研与生产的组织与管理发生了重大的变革。当代大型高新技术武器装备系统的特点是研制工程艰巨复杂、投资巨大、周期长、协作部门多，因此，在研发过程中，必然要开发新的高新技术工

① 当代中国的国防科技工业（上）. 北京：当代中国出版社，1992：29.

程项目的组织与管理程序方法等，从而出现了一门新的组织与管理技术，即系统工程。

当代大型高新技术武器装备系统的另一引起人们高度关注的问题是它们的极为昂贵的费用开支。第二次世界大战结束后，美苏两个超级军事大国为了争夺世界霸权，引发了一轮又一轮的军备竞赛，两国为此均不惜一切地把巨大的经济资源与国民财富用于扩军备战，造成了国民经济的严重失衡。最终苏联虽然卫星抢先上了天，但是红旗却倒地，整个苏联解体。第二次世界大战后，美国发动的大规模的军备竞赛以及多次局部战争同样造成了军费开支大幅增加，政府财政预算连年出现巨额赤字，不得不用大量发行国债的举措来弥补其财政亏空。到了21世纪初，美国国内房贷等金融政策方面的失误，终于不仅在国内外引发了金融危机，而且还波及全球经济发展。上述问题均说明了新的军事技术革命不仅产生了新的武器装备与新的军工产业，同样也会对整个国家的国民经济的发展产生巨大的影响，甚至会引发重大的社会变革。上述各层次和各方面所发生的创新和变革所带来的一系列问题，其共同的一个特点是它们都涉及不同部门与领域，这些问题的解决也必然会涉及多个学科和专业，其中有的属于自然科学范畴，有的属于社会科学范畴。对于这类问题国内外已经有许多不同专业与学科的人士展开了许多定量的、定性的以及定量与定形相结合的方法与技术的研究和开发工作。钱老把这些方法与技术统称为军事系统工程。他认为现代的军事科学的研究必须运用现代科学与技术，并且要是定量与定性相结合、人机相结合的方法，同时也必须是自然科学与社会科学相互结合的方法进行研究，越是基础的技术与工程问题，运用的定量的比重越大。反之，高层次的、顶级的决策问题，定性的比重较大，但也需要与定量分析相结合，使高层决策更具科学性。在钱老与我国著名的经济学家薛暮桥的一次谈话中①，两人均对此问题表示了共识。1979年钱老在与他当时的秘书王寿云和我谈论撰写《军事系统工程》一文以及他在准备后来的解放军总部机关领导同志学习会上的演讲稿时，他再三强调指出当代的军事科学必须要用军事系统工程的新的科学、技术与方法来进一步加快实现我国的军事科学的现代化和科学化，唯有这样，才能很好地解决新的一轮军事技术革命引发的一些重大的军事乃至社会领域中出现的新情况和新问题，这也是钱老撰写此文的目的与企盼。

(3) 营造良好的学术交流氛围，激励学术创新的新思维。

钱老一贯倡导各种形式的学术交流。1983年7月，他在一次国防科技情报工作会议上指出“情报是激活了的知识，情报就是为了解决一个特定的问题需要

① 钱学森. 论系统工程（新世纪版）. 上海：上海交通大学出版社，2007：384～385.

的知识"①，并提出要运用各种科学技术手段来加强情报收集、整理和交流的质量和数量。钱老同时提出要开展有关的学术研讨会和专题报告会，并强调"这是搞科学技术的一条普遍规律，是其他方法所不能代替的"。为此，到1984年，情报研究所共组织召开了35次学术讨论会和专题报告会。钱老多次亲自参加会议，并发表意见。钱老认为在当前的信息社会中，要加强运用各种技术手段来获取更多的信息，但是钱老也十分强调地提出，在信息技术高度发展的今天，人与人之间的交流依然是最为基本的、不能替代的信息获取方式。有一次钱老在会上介绍了他自己在美国加州理工学院期间的学习、工作与生活情况。他说每天上午他都是在教室里度过的，听老师讲课，下午则是在宿舍到处串门，与同学、同事海阔天空般的神聊当时社会上议论的各种热门议题，晚上则上图书馆根据老师所讲的内容，看书复习，同时把与同学、同事们的聊天的内容，记笔记，写心得。钱老还十分重视在学术交流中敢于发表自己的见解和善于表达自己的见解，而这种表达能力是要经过自己的亲身经历和实践才能培养出来的。

钱老倡导的学术讨论会，在他创建系统学的过程中表现得更为突出。1986年1月7日，系统学讨论班开始进行活动，1992年以前他基本上参加了每次的活动，并作学术报告或讲话。参加的人士来自不同的单位和部门，既有学术研究单位、大学各院系，又有政府有关业务部门以及各类咨询机构，人员也是老中青三代。系统学讨论班的这种方式对系统学的研究与创新、人才培养和队伍建设均起到了积极作用。

（4）结束语。

50多年前，钱老为了回国参加祖国的社会主义建设，历尽千辛万苦，甚至遭到美国政府的不人道的非法拘禁，在他的坚持努力和党中央与政府的关怀争取下，终于冲破了种种障碍，圆了他的归国梦。回国之后，他在老一辈国家领导人的关怀与支持下，与广大的科技员工一起呕心沥血，日夜奋战，创建了我国的航天事业，从而抢占了科技领域的制高点，带动了整个科技事业的快速发展，终于使我国能跻身于世界科技领域的前列。20世纪80年代，在祖国改革开放的新形势下，钱老与许国志院士等一批科技有识之士，又不遗余力地开创系统工程和系统学的科技新领域，以期应对当前的新技术革命对各个产业与社会领域的种种新挑战。为了适应系统工程、系统学等跨学科、跨领域和跨部门的特点，他和许国志等不顾七八十岁的高龄，亲身奋战在第一线，创办了我国第一份系统工程学术刊物，成立了全国的一级系统工程学会，以及筹建第一批的系统工程专业研究单位和系统工程专业院系，军队也成立了军事系统工程与军事运筹学的研究机构和学会。经过短短的几年时间，系统工程已在全国范围得到了不同程度的普及，许

---

① 情报研究所. 北京：国防工业出版社，1995：115.

多单位已经结合自身的需求，开展了专题研究。

在此，深深怀念、感谢钱老在工作中对我的教导和培养，使我在学习和工作中得到了很多提高，同时也是为了让更多的人士特别是广大的青年科技工作者，能够从钱老作为一个华夏儿女对祖国一片执著的赤诚之情中得到教益，学习他孜孜不倦地为祖国发展科技事业而奋斗终生的高尚的革命情操。

第二节　钱学森系统科学思想与新时期国防科技和武器装备发展*

钱学森是“国家杰出贡献科学家”，是我国 23 名“两弹一星功勋奖章”获得者。钱老早期是以应用力学和工程控制论的研究成果而闻名于世，归国后则以对“两弹一星”为代表的我国国防科技事业所作贡献家喻户晓。20 世纪 80 年代以来，钱老把系统工程发展到大成智慧工程，提出开放的复杂巨系统的概念，倡导了从定性到定量的综合集成方法论，建立了马克思主义指导的现代科学技术体系观，在自然科学与社会科学的结合、理论与实践的结合等方面作出了重大贡献。对于这些，社会各界学者多有论述。作为系统工程领域的后来者和新兵，无力系统总结钱老系统科学思想在国防科技和武器装备领域的应用，只能从自己的点滴感受和经历提供一些素材。

一、亲自组织系统科学研讨，提出处理“开放的复杂巨系统”的方法论

从 20 世纪 50～80 年代，钱老所投入的中国航天事业是一场宏大的系统工程实践，钱老从 20 世纪 80 年代以来，就把自己的全部精力集中投入到系统科学理论的探索、研究和系统工程理论的推广和应用之中了。

钱老没有把自己的思维仅仅囿于航天系统工程实践的总结，而是用系统的眼光去研究社会、军事、信息、农业、人才、经济、环境、法治和哲学，把自然科学和社会科学、物质世界和精神世界、客观和主观等全部有机地囊括于他的研究视野。

从 1986 年 1 月 7 日开始，钱老亲自主持了在原中国科学院系统所、原航空航天部 710 所和原国防科工委系统工程研究所轮流举行的系统学讨论班，即“大讨论班”。开班的学术报告为钱老亲自作的建立系统学的思考。讨论班一般情况下半月（后来减至每月）一次。程序大致如下：讨论班主持人（根据主题确定）简单介绍之后，邀请主讲人作 1～2 个小时的学术报告，接下来大家提问讨论。邀请的专家不仅涉及数学、气象、计算机、武器装备等自然科学和工程技术领

---

* 本节作者游光荣，总装备部某中心主任，研究员，总装备部科学技术委员会兼职委员。

域，还包括哲学、心理、行为科学、军事科学等诸多社会学科的来自中国科学院、中国社会科学院、国防科学技术工业委员会、航空航天工业部、国务院发展研究中心、北京大学、北京师范大学等多家学术单位。讨论班多学科交叉、上中下游融合、老中青齐聚、跨度大、视野宽、论题广泛。著名学者叶笃正、吴文俊、许国志、廖山涛、马宾等都在讨论班作过报告。王寿云、于景元、戴汝为、汪成为等经常主持讨论。与今天的研讨会不同的是，当年的讨论班没有劳务费，每人清茶一杯，却相当有吸引力。讨论的小房间（一般只有四十平方米左右）经常爆满，屋子的窗外时常站满了许多做笔记的年轻人。每次讨论，钱老都参加，最后还作总结性评述。此外，钱老还经常推荐讨论班要讨论的问题和有关资料（如混沌学等）。

系统学讨论班持续了七年左右的时间，后来在此基础上形成了跨学科交流的“香山科学会议”。系统学讨论班在我国系统科学研究历史上产生了重大影响。其历史贡献至少有三个：

（1）提出了处理“开放的复杂巨系统”的方法论，即“从定性到定量综合集成方法”。这是讨论班最重要的理论成果。早在 20 世纪 70 年代末，钱老就明确指出：“我们所提倡的系统论，既不是整体论，也非还原论，而是整体论与还原论的辩证统一。”应用系统论方法，既要从系统整体出发将系统进行分解，即“化整为零”；在分解后研究的基础上，再经过综合集成到系统整体，即“聚零为整”；最终从整体上研究和解决问题，实现“1+1>2”的效果。以钱老等在《自然》杂志 1990 年第一期发表的文章《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》为代表，钱老将他 20 世纪 80 年代初对处理复杂系统所概括的“经验和专家判断力相结合的半经验半理论的方法”进一步地加以提高和系统化，提炼出“开放的复杂巨系统”的概念，并以系统论的观点，在社会系统、地理系统等实践的基础上，提出处理“开放的复杂巨系统”的方法论，即“从定性到定量综合集成方法”。钱老还强调：针对不同的问题，确定相应的方法；要分清是小系统还是大系统，是简单巨系统还是复杂巨系统，对象搞不对就可能用错方法。“从定性到定量综合集成方法”以及它的实践方式“从定性到定量综合集成研讨厅”，就是针对复杂巨系统，强调把各方面有关专家的知识智慧、各种类型的信息及数据与计算机的硬、软件三者有机地结合起来，构成一个高度智能化的人机结合体系。它具有综合优势、整体优势和智能优势，能把人的思维、思维的成果、人的经验、知识、智慧以及各种情报、资料、信息统统集成起来。“从定性到定量的综合集成技术”，被钱老称为“大成智慧工程”（钱老还自创了英文译法 meta-synthetic engineering）。钱老借用了我国传统的说法，把一个非常复杂的事物的各个方面综合起来达到对整体的认识，称之为“集大成”。

（2）培养了系统科学研究人才。讨论班吸引了当年我国从事系统工程研究的

三大研究所中大量青年科技人员，也包括一些外单位的研究生等。钱老多次提出让年轻科技人员主讲，并对研究所领导明确提出："主讲人不必找什么大专家，请你们手下的人讲更好：一可以提高这些年轻人，二可以自由些。"同时，钱老还多次强调，年轻人要多阅读科技文献，掌握第一手材料，了解学科前沿领域，扩大学术视野，促进讨论班研究的问题不断深入。通过组织讨论班研讨，培养了一大批系统科学学术技术带头人和一批年轻科研骨干。今天活跃在科研第一线的许多中年科技将帅人才大都经过这一讨论班的洗礼。

（3）弘扬了科学民主的学术作风。在主题报告之后，与会者不论职务高低、年龄大小，都可以各抒己见，平等争鸣，学术气氛非常民主。钱老多次强调讨论班重在讨论。针对讨论班最后在归纳研究成果时撰写小组内部意见不统一的情况，钱老提出："这不怕，也是事物之常规。从不统一到统一的唯一方法是开诚布公地讨论。"原国防科工委主任、中国工程院丁衡高院士曾总结道，注重讨论是钱老一生倡导的重要学术思想方法。

二、呼吁设置国家和军队级总体设计部，倡导成立国防科技和武器装备决策咨询机构

钱老在提出了处理"开放的复杂巨系统"的方法论之后，强调必须有运用"从定性到定量的综合集成法"的组织机构，钱老本人称之为"总体设计部"（简称总体部）。总体设计部的概念来源于钱老"两弹一星"的系统工程实践，但其内涵与外延已比过去航天工程总体设计部大大升华和发展了。钱老强调，总体设计部作为运用综合集成方法、应用系统工程技术的实体部门，是实现综合集成工程的关键所在。"从定性到定量综合集成法只是方法，用于认识世界、用于改造世界都可以。但我认为总体部的工作是认识与改造相结合的。"总体设计部的思想，不仅用于大型工程管理，还可用于社会系统的宏观管理，也就是社会系统工程。钱老一直致力于在实践上推广系统工程和总体设计部建设，在许多场合多次呼吁成立国家级总体设计部，以加强国家层面的科学决策。

在 1978 年 7 月发表的"组织管理的技术——系统工程"一文以及后来的几次讲座中，钱老总结了 20 世纪五六十年代通过总体设计部（所）组织我国国防尖端技术攻关的历史经验，系统阐述了总体设计部（所）的实践所体现的系统工程方法。他主张把自然科学家、社会科学家和工程技术专家有机地结合在这个总体设计部（所）中，共同设计出包括工业、农业、科技、国防以及人民生活在内的最优建设方案，供领导机构决策参考。这样论证出来的方案是经过可行性论证的，是定性定量相结合的，是经过权衡比较的。

在积极呼吁成立国家级总体设计部的同时，钱老还在呼吁军队也要成立类似的机构，对国防和军队建设的长远问题进行科学规划和预测。钱老 1979 年 7 月

下旬在解放军总部机关领导学习班上的讲课中提出，军队“要建立一个高度集中的领导机构，利用系统工程的原理和方法，设计一个（我军军事指挥系统）全面统一的整体规划，全面地制定标准化与通用化计划才能真正实现高度集中的自动化。”钱老强调，我军要建立必要的系统工程工作队伍。“这又包括两个方面，一是在有关的部门配备军事系统工程的专业人员，……他们要与本部门的其他人员密切协同配合，共同完成上级交给的任务；再一个方面是在我军设置研究和运用军事系统工程以及发展各种军事系统工程理论的专门单位。例如，在军事科学院、在各军兵种都应该有军事系统工程的研究单位；各兵种的单位除研究战术外，还要对新武器的研制提出论证和战术技术要求。”

正是基于上述认识，钱老和原国防科工委科技委主任朱光亚一起，上书中央军委，倡导筹建一个“为国防科技和武器装备发展提供科学决策支撑的单位”，以期在国防科技和武器装备发展建设中发挥“思想库”、“智囊团”作用。在钱老的大力倡导下，经过中央军委批准，国防科技和武器装备的决策咨询机构——原国防科工委系统工程研究所于 1985 年 9 月成立。在原国防科工委系统工程研究所筹建和建设初期，钱老对该所的专业建设、人才队伍甚至进人标准等，都发表过许多指导性意见和建议。在当年我军百万大裁军的形势下，能够从航空、航天、电子、船舶、兵器等领域以及有关工程技术研究机构抽调一批系统工程技术专家，并招收包括理工科、经济学等专业在内的一批研究生。在军队编制体制系列中新组建这样一个从事系统工程的研究所，足见军委领导当年决心之大和钱老的期望之高。

三、对新时期国防科技和武器装备建设的历史贡献

钱老为以“两弹一星”为代表的国防尖端技术事业建立了历史功勋。20 世纪 80 年代以来，钱老在关注社会经济系统研究的同时，仍在他毕生为之奋斗的国防科技和武器装备建设事业贡献智慧。由于保密等因素，钱老对新时期国防科技和武器装备建设的历史贡献鲜见报道，也没有系统总结。从常年跟踪研究的有关材料总结一下，钱老在这一领域的重要贡献包括：

1. 关于未来战争模式的研究

钱老长期以来一直在思考社会经济与战争模式的关系。1991 年海湾战争爆发以后，钱老敏锐地指出：“海湾战争只是高新技术战的过渡型，未来战争不会是这个模式”。钱老呼吁国防科技战线必须考虑“什么是现代战争和下一阶段战争的技术及装备问题”，并于 1995 年给出了他对未来战争模式的思考结论：“现阶段和即将到来的 21 世纪的战争形式为核威慑下的信息化战争。”

2. 积极推进军事系统工程研究

在钱老支持下，系统工程的研究和推广应用在军事领域起步较早、成效显著。1978 年 5 月，中国航空学会召开了军事运筹学学术会议。1979 年 10 月，军地多家学术单位联合召开系统工程学术讨论会。钱老还亲自在中央电视台、军队总部等授课，积极宣传系统工程思想。在钱老倡导下，军事科学院、国防科学技术工业委员会、各军兵种都设立了军事系统工程的专门研究单位。这些研究机构，在探索定性分析与定量分析、军事理论研究与装备论证研究、装备使用与技术研究开发相结合上，取得了明显进展，为有关决策的科学化、民主化做出了突出的贡献。

3. 指导开展国防科技和武器装备发展战略与规划计划研究

钱老 1979 年 7 月谈到：在现代条件下，“任何一个统帅，无论他具有多么大的才能，都不能靠他一个人亲自组织、指挥、协调和操纵一部由千万个部件组成的庞大的现代化军事机器。一支现代化军队的统帅，必须在系统的参谋队伍和军事科学研究机构的辅助下，才能实现他对整个军队的统率，这正如现代在一切规模较大的社会生产和科学研究中所发生的情况一样。”钱老多次强调要下工夫研究发展战略，而且把军事系统工程、计算机技术等已有成果用于军事领域的战略研究“则是完全可能的”。1994 年 1 月，钱老谈到：“我们不该总跟着外国人跑。我们要分析他们的得与失。……我们过去，在战略研究上有得也有失。在 50 年代末下决心搞‘两弹’是非常正确的，是一得。但在 80 年代初没有抓大规模集成电路，是不对的，是一失。”“总之，回顾往事，展望未来，深感我们要用马克思列宁主义、毛泽东思想和邓小平建设有中国特色的社会主义理论为指导，下工夫研究国防科技发展战略，抓尖端科学技术。”1997 年，钱老还提出：“有了过去的一套经验，再按照今天的形势，加以分析利用，制定一个总体规划，分步骤实施”，就可以实现中央军委提出的战略要求。

4. 指导开展武器装备综合论证研究

1979 年 7 月，钱老在解放军总部领导学习班上尖锐指出：“在我军科研装备管理工作中，存在这样的情况，有时一种新武器系统已进入研制定型阶段，可是对它的使用方式却尚未确定；有时一种新武器系统已经研制完成，却还在争论是否需要这种装备；有时一种新武器系统刚刚交付部队，就发现在战术使用和技术性能方面存在较大缺陷，不得不大大压缩装备生产数量。科研装备管理的这种落后状况，影响着我军现代化建设的步伐。如何改变这种状况是我军实现现代化所面临的又一个研究课题。”钱老在阐述了如何科学论证新武器使用方法和确定武

器系统战术技术指标之后，提出系统地运用模拟实验技术和理论分析方法，就可以根据国家的战略方针和军队作战战术原则，“针对现有装备在未来的或现实的战争中与对方装备对抗可能出现的问题，利用科学技术的最新成就，提出发展新武器系统的建议；根据国家批准的发展新武器系统的任务，在委托的研制单位对拟议的新系统进行总体方案分析的同时，拟订出新系统的性能要求、技术规格，作为实际设计工作的依据；根据新武器系统运用的战略和战术环境，预测新武器系统对作战方式带来的影响，拟订最优的使用原则。”这些论述，对今天开展国防科技和武器装备综合论证工作，仍然有很强的指导意义。

5. 积极推进军民结合、寓军于民

在军民结合宏观管理方面，钱老 1993 年就强调：“不但要‘军民结合’，而且要‘民军结合’”，“这不是平战两利吗？所以我建议改革。”

在军民两用技术发展方面，钱老就信息网络技术、材料科学技术等的推广应用，提出过一系列的设想。例如，钱老 1993 年下半年曾多次呼吁国内研究和推广复合材料的应用，“大大提高民用工程技术的水平，使民用产品在国际市场上有更强的竞争力”。

在技术标准方面，钱老 1995 年谈到：“从前我们受苏联军民分家体制的影响，军用元器件的标准不同于民用元器件，军用的要求比民用的高。其实这是旧时代的残留思想，在第五次产业革命的时代，民用的元器件要求绝不比军用元器件低。二者应该统一标准，无军品民品之分。”

正当我们的事业蒸蒸日上、全面发展的时候，钱老却离开了我们。钱老的音容笑貌将永驻我们心间。作为系统工程领域的后来者，我们将秉承钱老遗志，深入贯彻落实科学发展观，继续实践钱老的系统科学思想，继续完成钱老未竟的事业，全面提高研究论证水平，为国防和军队现代化建设做出应有的贡献！

第三节　钱学森与国防科技*

一、创建中科院力学研究所

1955 年 10 月 28 日，钱学森抵达首都北京，立即投身到祖国建设之中。在他正式开始工作以前，中国科学院领导建议他到东北去考察一下，那里有许多新兴工业，又有科学院的一些研究机构。钱学森欣然同意。

* 本节内容原载 2001 年 12 月 7 日《科技日报》。作者涂元季，钱学森同志秘书；刘程，总装备部宣传部副部长；仇方迎，科技日报记者。

从 1995 年 11 月 22 日到 12 月 21 日，整整一个月时间，钱学森从东北的哈尔滨沿铁路南下，一直到港口城市旅大，参观了当时全国最大的钢铁厂、煤矿、水电站、炼油厂、冶炼厂、化工厂、机床厂、汽车厂、电机厂、飞机厂等，访问了一些大学和研究所，在几所大学作了学术报告。

此行对钱学森非常重要：一方面，他看到了新中国成立 6 年来社会主义建设事业欣欣向荣、迅速发展的情况，感受到共产党巨大的组织领导能力；另一方面，通过此行完成了他对组建力学研究所、发展力学事业的构思。特别是通过在哈尔滨工业大学、长春机电研究所和沈阳东北工学院的三次讲演，一次比一次完整地勾画出他的设想。

一回到北京，钱学森就向科学院领导汇报了发展祖国力学事业的设想。科学院院务会议在 1956 年 1 月 5 日召开，会议认为成立力学研究所的条件已经成熟。在那些日子里，钱学森和钱伟长一起，找数学家和力学家座谈，访问北京的几所著名大学和有关研究所，进行各项筹建准备。从钱学森进入国门到力学研究所成立，总共不到 3 个月时间。这可能是科学院成立最快的一个研究所了。新建的力学所超出了传统的力学范围，完全按照钱学森关于技术科学的思想建立，实际上是一个综合性的技术科学研究所。

钱学森关于建立力学研究所的重要思想有：

（1）技术科学是介于自然科学与工程之间的一门独立的学科，也可以称之为桥梁。技术科学不是工程，它的主要任务是领导工业的发展，以新概念、新理论、新技术、新方法来武装工业，带动工业前进，并促使它不断发生质的飞跃。反过来，要求从事技术科学的科学家根据自然科学与工程的现状和发展趋势，有远见地选定超前的研究课题不断开拓新的领域。

（2）技术科学研究的对象是工程环境下的复杂系统，必须是最大限度建立在自然科学和数学基础上的。一个好的技术科学家应当有能力从复杂的实际问题中捕捉住主要矛盾，提炼出清晰的物理机制，建立数学模型，通过计算得出与观测或实验相一致的结果，并据此得到工程上有用的定量预测。

（3）技术科学的目标不是一个具体工程中的个别问题，而是一类或几类工程中带有共性的“一般性”问题。从这个意义上讲，它是关于工程的基本理论。除应用力学之外，技术科学还应当包括更为广泛的内容，例如凝聚态物质、电子学、核反应、核能和核工程、燃烧、金属的塑性加工成型、运筹学、工程控制论、计算技术、工程光谱学、工程经济学等。他极力主张学科交叉，提出了化学流体力学、物理力学、电磁流体力学、流变学等。技术科学的内容不仅在内涵上要不断深化，而且在外延上也决不可故步自封。

（4）技术科学工作者应很好掌握数学，使它成为自己的工具，要有坚实的自然科学基础，熟悉工程技术中的方法和问题，能把工程技术中的实际问题提高到

自然科学规律的水平上来研究。在开发一种新的工程技术时，技术科学工作者首先要能对其可能性、可行性和克服困难的主要途径作出判断。

二、开创我国火箭导弹事业

在归国后的东北考察中，钱学森一行于 1955 年 11 月 23 日到达哈尔滨。原来日程安排并无参观哈尔滨军事工程学院一项。但钱学森本人提出，他有两个朋友在哈尔滨，一个叫庄逢甘，一个叫罗时钧，希望这次能见到他们。陪同的朱兆祥事先知道，罗时钧是钱老在美国时的学生，而庄逢甘也属学生辈，现都在军事工程学院工作。

11 月 25 日刚上班，钱学森一行来到哈尔滨军事工程学院。出乎他意料的是，出来欢迎的竟是学院院长陈赓大将，他是在清晨乘专机从北京赶来亲自接待钱学森的。他一直陪同钱学森参观了空军工程系、海军工程系、炮兵工程系等。

在室外的一个小火箭试验台前面，钱学森停了下来。这是一个非常简陋而又原始的固体燃料火箭试验装置，钱学森很有兴趣地和正在安装调试的教师讨论起来。陈赓大将从旁问道："中国人能不能搞导弹?"钱老回答："外国人能干的，中国人为什么不能干？难道中国人比外国人矮一截!"陈赓听到钱学森这句话，开始十分惊异，继而变得兴奋起来。他握住钱学森的手说："好！我就要你这句话。"多年以后钱学森才知道，陈赓是带着国防部长彭德怀的指示，专程赶回哈尔滨专门请教钱学森的。也许是因为这句话，决定了钱学森从事我国导弹和航天事业的生涯。

12 月下旬，钱学森从东北回到北京。不几天，就在陈赓陪同下，会见了彭德怀。谈话是直截了当的，没有寒暄，没有客套。

彭德怀说："我们不想打人家，但若人家打过来，我们也要有还手之力。"问钱学森："我们能不能先搞出一种短程导弹，比方说射程 500 公里，这需什么样的人力、物力和设备条件？估计需要多长时间可以造出来?"

钱学森略作思考，回答说："搞导弹当然不是一件容易的事，需要有一支搞研究和设计的队伍，需要建一些地面试验设备，也需要有专门的加工制造工厂，原材料可能需要全国各有关部门的支持。至于人力、物力，这需要仔细估算一下。而时间嘛，美国从军方开始支持搞导弹，到搞出第一枚导弹，用了近 10 年的时间。我想，我们可以比他们快，有 5 年时间我想是可以的。"

彭德怀很高兴，又向钱学森请教了一些导弹的技术知识。彭德怀听得很有兴趣，觉得听钱学森谈话很长知识和见识。于是对陈赓说："我们的军队不能老是'土八路'，也要学点洋玩意儿，你安排钱先生给高级干部讲讲课。"于是钱学森又在 1956 年 1 月，给我军将领作了火箭导弹技术的讲演。在总政排演场，一连讲了三天，盛况空前，引起我军高级将领的极大兴趣。

1956年2月初，一个周末的下午，叶剑英会见并宴请钱学森夫妇，作陪的是陶铸，谈话的主题也是导弹问题。谈话气氛十分融洽，越谈主人对火箭、导弹的兴趣越浓，越谈他们的心情愈加迫切。叶剑英便直接提出，希望钱先生在科学技术上主持这件事。为祖国效力是钱学森多年的夙愿，祖国的强大是他梦寐以求的理想。所以钱学森并不犹豫，当即表示，感谢领导的信任，将努力为之。

叶剑英看到时机已经成熟，便立即起身说："今天是周末，总理他们可能在三座门（军委办公地）跳舞，我们现在就去找他。"叶剑英带着钱学森他们驱车来到三座门，果然周总理和一些中央领导同志都在这里。一曲结束，叶剑英趋步走向周总理。总理认真听着叶帅的叙说，频频点头，显得十分高兴。"好啊！"周总理说，"我很赞同你们的想法。"总理迈着潇洒的步伐，向钱学森走来。他热情地握着钱学森的手说："学森同志，刚才叶帅向我谈了你们的想法，我完全赞成。现在交给你一个任务，请你尽快把你的想法，写成一个书面意见，以便提交中央讨论。"

几天以后，也就是1956年2月17日，一份由钱学森起草的关于《建立我国国防航空工业的意见书》便送到了周总理的案头。当时为保密起见，用"国防航空工业"这个词来代表火箭导弹和后来的航天事业。《意见书》提出了我国火箭、导弹事业的组织方案、发展计划和某些具体措施。《意见书》还开列了一批可以调来参与这一事业的21位高级专家名单，其中包括任新民、罗沛霖、梁守槃、庄逢甘、林津、胡海昌等。

钱学森的意见书受到了党中央的高度重视。1956年3月14日，周总理亲自主持中央军委会议，研究决定由周恩来、聂荣臻和钱学森等筹备组建导弹航空科学研究的领导机构——航空工业委员会。会议决定按照钱学森的建议，组建导弹航空事业的科研机构、设计机构和生产机构。国务院任命聂荣臻为航空工业委员会主任，钱学森为委员。遵照中央军委的决议，1956年5月10日，聂荣臻提出《关于建立我国导弹研究工作的初步意见》，建议在航空工业委员会下设导弹管理局，由钱学森任第一副局长兼总工程师；建议建立导弹研究院，由钱学森任院长。

中央书记处很快批准了聂荣臻的《初步意见》。中央书记处书记邓小平表示："大家放手去干，成功了，功劳是你们的；失败了，责任由书记处承担。"于是钱学森立即受命负责组建我国第一个火箭、导弹研究机构——国防部第五研究院。1956年10月8日，正好是钱学森回归祖国一周年的日子，由聂荣臻主持，国防部第五研究院在车道沟兵器招待所宣布成立。

三、投身新中国第一个远大规划

1956年春，钱学森积极参与制订新中国第一个远大规划——《1956—1967

年科学技术发展远景规划纲要》(简称 12 年科学规划) 的工作。这一规划是在周总理亲自领导下，由陈毅、李富春、聂荣臻等领导人具体组织数百名科学技术专家参与制订的。钱学森作为一名火箭技术专家，由他主持，与王弼、沈元、任新民等合作，完成了第 37 项“喷气和火箭技术的建立”，它将喷气技术和火箭导弹事业纳入了国家长远规划，勾画了这一尖端技术的发展蓝图对推动这一事业的发展起了重要作用。

发展科学技术 12 年规划的重要成就，除了制定 57 项重大研究任务以外，最重要的是确定了六项紧急措施，即原子能、导弹、电子计算机、半导体、无线电电子学和自动化技术。以今天的眼光来看，这 6 个项目是关系科技发展全局的关键点或生长点，但在当时却还有不少争议。当时一个主要的争论是，我们国家要不要搞导弹？能不能搞导弹？导弹和飞机的关系是什么？此一争论在制定 12 年科学规划时摆到了桌面上。

钱学森在发言中认为，飞机的重要性自不待言，而导弹确是一种新的有巨大威胁力的武器，其作用在第二次世界大战末期已现端倪，希特勒德国就使用了 V-1、V-2 导弹。飞机与导弹各有优缺点，在战争中是相辅相成，缺一不可的。飞机的机动性好，但导弹的优点是它的速度快，这在战争中无论是从攻击或防御的角度看，都是一个重要的战术技术性能。他又从技术上指出，导弹虽然是一种新武器，但攻克火箭导弹技术并不见得比飞机更难。因为导弹是无人驾驶的一次性武器，而飞机则有人驾驶，且要求多次使用，这在发动机、结构、材料和飞行安全等问题上都有许多特殊要求。他介绍说发展导弹在技术上也会遇到许多难关，比如制导问题。这也是当时大家不知道导弹为什么会自动飞向目标的一个神秘问题。针对这一情况，钱学森给大家讲解了许多制导的原理，其中包括洲际导弹的制导原理。他对制导技术的方方面面进行了剖析，并由此得出结论：这个问题在短期内易于突破。所以，导弹作为一种现代武器，应及早引起人们的重视，并列入重点项目予以突破。钱学森的这一具有真知灼见的分析，自然为很多人所接受，并统一了大家对导弹问题的认识。

电子计算机在当今时代的重要性是毋庸置疑的，但在当时这也是一个有争议的项目。钱学森举出许多实例，说明推进快速电子计算机的重要性。钱学森还提出，过去数学家所能研究的方程是线性方程，而实际问题中所遇到的却是非线性方程，如流体力学方程。过去由于没有先进的计算手段，对于非线性方程只好采用线性近似的办法，这就丢失了原来方程式中所蕴含的许多特点。有了计算机以后就可以用数值方法来求非线性方程，当然也因此提出了发展计算数学的种种理论问题。钱学森还举出电子计算机可以下象棋的实例，表明可以代替人的部分思维。那时有人怀疑电脑怎么会胜过人脑。钱学森回答说人的计算远不如电子计算机快捷，人脑工作久了会疲倦，所以电脑在某些方面能胜过人脑。钱学森还介绍

了电脑的记忆功能、逻辑功能、甚而学习功能等，指明这是极有发展前景的领域。于是，这一重大项目的决策就此确定下来了。

钱学森除了对上述几项紧急措施的决策做出许多重要贡献以外，还提出或指出了许多有价值的科学想法。例如，他曾讨论到水翼船对我国国防以及水上交通的重要作用。

钱学森也十分重视理论问题的研究。他指出统计物理和量子力学均在工程技术中有重要意义。钱学森还竭力提倡运筹学的研究。他既谈到运筹学在交通运输以及经济规划中的作用，也讨论到在两军对抗情况下运筹学的运用问题。由于钱学森的提议，我国开始了对运筹学的研究。

四、为我国卫星事业呕心沥血

1958 年 5 月 17 日，毛主席在中国共产党八届二次会议上宣布："我们也要搞人造卫星!"此后，钱学森便一直在思考我国卫星事业的发展问题。

1958 年，中国科学院成立以钱学森为组长，赵九章和卫一清为副组长的领导小组，负责筹建人造卫星、运载火箭以及卫星探测仪器的设计和空间物理研究机构。

1961 年 6 月，在钱学森、赵九章等的倡导下，中国科学院开始举办了持续 12 次的星际航行座谈会，钱学森在第一次座谈会上作了题为"今天苏联及美国星际航行火箭动力及其展望"的讲演。他除了介绍苏美火箭发展的情况以外，还从科学上指出："在航空飞行中，我们总是同空气动力打交道，而在星际飞行中，气动力问题是次要的，重点是重力、推力及惯性力问题。"所以，"重力场问题非常重要。所谓最优发射轨道、最优飞行轨道问题，主要是尽最大可能，使重力垂直于轨道，使推力垂直于重力。在星际航行中，我们会遇到一些全新的问题"。

1963 年，中国科学院成立了自竺可桢、裴丽生、钱学森、赵九章领导的星际航行委员会，负责组织制订星际航行发展规划，安排预先研究课题。钱学森提出，先放探空火箭和气象火箭，为研制运载火箭和放卫星储备技术积累经验。

到 1964 年，"东-2"试验成功以后，钱学森感到发射人造卫星已经有了比较可靠的基础，于是在 1965 年 1 月 8 日正式向国家提出报告，建议早日制订我国人造卫星的研究计划并列入国家任务。聂荣臻很重视钱学森的建议，指出"只要力量上有可能，就要积极去搞"。1965 年 4 月 29 日，国防科委向中央专门委员会报告了张爱萍邀请张劲夫、钱学森、孙俊人及国家科委、国防工办专业局的负责同志和专家进行研究的结果，提出了在 1970 年或 1971 年发射我国重量为 100 千克左右的第一颗人造地球卫星的设想。

1970 年 4 月 24 日，在周总理的直接关怀下，钱学森、李福泽、杨国宇、任新民、戚发轫等在酒泉卫星发射场，组织实施了我国第一颗人造卫星的发射工

作。重 173 公斤的卫星发射成功，这颗卫星向全世界播放的《东方红》乐曲，宣告新中国迎来了航天时代的黎明。

1970 年 7 月，钱学森调到国防科委担任副主任。他以自己广博的知识，开阔的眼界，从更高的层次上，思考我国国防科学技术中许多其他领域的重大科学和技术问题，并提出过许多富于创新的、超前的见解。

由于钱学森对我国“两弹一星”事业和整个科学技术事业所作出的重大贡献，1985 年获国家科技进步奖特等奖；1991 年被国务院、中央军委授予“国家杰出贡献科学家”荣誉称号和一级英模奖章；1999 年被中共中央、国务院、中央军委授予“两弹一星”功勋奖章。1989 年国际技术与技术交流大会授予钱学森“小罗克韦尔奖章”和“世界科学与工程名人”、“国际理工研究所名誉成员”的称号。

人们一般喜欢称钱学森为中国的“导弹之父”或“航天之父”，但钱学森本人不同意这样的称呼。他说导弹航天是一项大规模的科学技术事业，一两个人是无法搞成功的，其成就首先要归功于党，归功于集体，而他自己只是恰逢其时，做了他该做的事情。

第四节　钱学森与中国军事高科技*

1955 年初冬，刚刚冲破美国当局阻挠回到祖国的钱学森，来到哈尔滨军事工程学院参观。院长陈赓大将问他：“中国人能不能搞导弹?”钱学森说：“外国人能干的，中国人为什么不能干？难道中国人比外国人矮一截!”

就这一句话，决定了钱学森从事火箭、导弹和航天事业的生涯。40 多年过去了，如今钱学森已 90 高龄。他以其对中国火箭导弹技术、航天技术乃至整个国防高科技事业的奠基性贡献，为我军武器装备现代化建设写下了精彩绚丽的篇章。

一

1956 年 2 月 17 日，钱学森经过深思熟虑，提出了关于《建立我国国防航空工业的意见书》，就我国火箭、导弹事业的组织方案、发展计划和具体措施发表了精辟的见解。《意见书》受到党中央高度重视。不久，钱学森受命负责组建我国第一个火箭、导弹研究机构——国防部第五研究院。10 月 8 日——这正是钱

---

* 本节内容原载 2001 年 12 月 12 日《解放军报》。作者刘程，总装备部宣传部副部长；范炬炜，解放军报记者；奚启新，新华社记者。

学森回国一周年的日子，国防部五院宣布成立，钱学森被任命为院长。新中国的火箭、导弹和航天事业由此开始了艰难的征程。新事业起步，千头万绪。钱学森首先给刚刚分配来的 156 名大学生讲授《导弹概论》，让这些从未见过导弹的技术人员了解最基本的专业知识。他拟定了空气动力学、发动机等有关专业的学习计划，并指导建立了导弹总体、空气动力学、发动机、弹体结构等研究室。

在酒泉发射场，钱学森和普通科技人员一样，睡帐篷、吃粗粮，组织导弹试验的测试、计算、分析、研究。在苏联突然撤走全部专家的困难条件下，他带领着中国科学家们攻克了一道道难关，于 1960 年 11 月 5 日，成功进行了我国第一枚导弹飞行试验。在现场的聂荣臻高兴地说："这是我国军事装备史上一个重要的转折点。"1966 年 10 月 27 日，钱学森又参与组织了我国第一枚装有核弹头的中近程地地导弹飞行爆炸试验，即原子弹、导弹"两弹结合"试验。核弹头在预定地点上空成功实现了核爆炸，此举震惊了世界。我国的国防现代化建设又一次实现了历史性跨越。

作为一代伟大的科学家，钱学森的目光总是具有前瞻性。第一枚导弹发射成功后不久，钱学森就组织有关专家就我国地地导弹的发展道路展开讨论，形成《我国地地导弹发展途径的意见》，提出了我国中近程、中程、中远程和洲际导弹的长远发展规划。随后，地空导弹、海防导弹，以及固体发动机、固体导弹、反导系统和运载火箭等项目，也在他组织和协调下陆续上马。1965 年 1 月，他又向中央提出报告，建议早日制订我国人造卫星的研究计划并列入国家任务。我国第一颗人造卫星的工程代号由此被定为"651 工程"，钱学森担负"星—箭—地面系统"总的技术协调和组织实施工作。1970 年 4 月 24 日，我国第一颗人造卫星"东方红一号"遨游太空，向世界宣告新中国迎来了航天时代的黎明。

二

钱学森是中国军事高科技的奠基人之一。他不仅为"两弹一星"事业做出了卓越贡献，也对我国军事科学研究提出了高层次的重要思想和观点，并直接倡导了军事系统工程和军事运筹学学科的建立与发展。早在 20 世纪 70 年代末，钱学森就深刻地阐述了"战争是一门科学"的思想。他指出："我们要用现代科学技术来研究战争的规律，研究战争这一门科学，这就形成了现代军事科学。"

经过潜心研究，钱学森在 1998 年的一次书面发言中，对军事科学体系作了完整的论述。他指出："在军事科学，基础理论层次是军事学，技术理论层次是军事运筹学，应用技术层次是军事系统工程。"他将军事系统工程的作用和功能定位为"运用现代科学技术方法，更好地去解决贯彻执行军事路线、军事战略中的实际问题"，并将要解决的主要问题归纳为作战模拟；武器装备系统的设计方

案论证、战术技术指标的确定与效能评估；后勤系统的组织管理；作战指挥体系的设计；战略问题的定量分析和战争模拟。

1978年5月，在钱学森等的建议下，我军开始了军事运筹学和系统工程的研究试点工作，军事科学院成立了第一个军事运筹研究分析机构。如今，军事运筹学和军事系统工程已经在我军战略战术、部队编制体制和兵力结构研究等各个方面得到广泛运用，取得累累硕果。

关于我国的国防战略，钱学森提出了一系列具有全局性、前瞻性和可行性的重要建议。他在20世纪80年代就指出，局部地区的"小仗"可能是我们到21世纪初主要的战争样式，要搞一些平时必须保留的、精锐的、可以马上打仗的部队，应认真从军队编制、装备上解决这一问题。这些建议受到军队领率机关高度重视，如今已在实践中得到体现。对我国国防战略和军事工业改革发展，他也提出了许多重要的建议。他还提出军工企业要实行"军民结合"，而民用企业要实行"民军结合"的观点，以及用"柔性自动化生产系统"改革军工企业的观点，为我国军工企业的改革和民用企业的战时动员准备提供了重要思路。

钱学森在晚年还特别强调了军事科学要开展跨学科研究的问题。1999年，他对前去看望他的总装和军事科学院领导同志指出，科学的发展离不开各学科相互交叉、相互作用、相互借鉴。国防建设是个大系统，在实践中遇到的都是大问题，而专家们往往从自己的专业出发看问题，带有很大的局限性，应提倡各学科间的互相交流和讨论。

三

谋求中国军事高科技和军队现代化建设的长远发展是钱学森毕生的夙愿。因此，他以科学家的超前目光，对国防和军队科技人才培养提出了高屋建瓴的见解。自1985年以来，钱学森曾多次谈起关于"科技帅才"的话题。钱学森说："现在要求培养一批科技帅才，即是一批工程师加科学家加思想家的人才""当帅才的，在领导实现一个明确的目标时，应该从基础应用到工程实践，都能够考虑到"。钱学森支持新学科，扶植边缘学科，每一种创新的观点和设想都能得到鼓励。他说："要提倡创新思维，正确与否交给实践去检验。"

早在1986年，钱学森就认为，高技术革命必将带来军事技术的迅速发展，军队将成为知识密集的部门。未来战争将广泛使用各种先进武器系统，战场情况错综复杂，从而对指挥人员的科技文化和军事素养提出更高要求。他在分析外军与我军军官的文化水平后敏锐地指出，为应付未来可能发生的战争，军队干部应逐步达到大学以上文化水平，师职干部应是硕士，军职干部应是博士，战士的文化水平也要相应提高。他的远见卓识受到中央军委、总部的高度重视。

第五节 钱学森的情报科学技术思想与国防信息体系建设*

一、钱学森的情报科学技术思想

钱学森的情报科学技术思想的发端，可以追溯到20世纪50年代，国防部五院组建情报资料编译室（总装科技信息研究中心前身），作为五院院长，他非常重视情报工作，兼任情报资料编审委主任，指示要以专题技术资料档案为主，要有一套专门的方法。70年代末，他敏锐地感受到现代技术，特别是电子技术和电子计算机技术对于情报工作今后发展的影响，指出由于信息的存储、信息的检索和提取、信息的传输和显示等技术的发展，出现了以电子计算机检索为核心的自动化信息体系，并正处在风起云涌十分迅速的发展之中①。后来，钱学森多次重申了图书情报科学技术所带来的这一深远的影响，将信息情报事业的建设列入影响我国未来60年社会发展变革的三大战略因素之一。提出情报资料、图书文献和档案工作是现代科学技术中的一个专门行业，“情报是系统工程的重要工具，没有准确及时的情报，包括社会生产、人民生活、生产技术科学发展等各方面，那就没有进行社会工程的依据，信息情报系统工程正是科学技术组织管理工作不可缺少的组成部分”，并设想“利用现代科学技术，建立一个自动化的、计算机化的情报网和情报资料数据库，而且要联系到国家和国家通信网的建设，是适应未来社会的必由之路”②。

1983年7月，钱学森在国防科技情报工作会议上做的题为“科技情报工作的科学技术”的报告③，阐述了情报的概念、内涵，以及情报作为一门科学技术的三个台阶的理论，奠定了情报作为一门科学技术的基础思想。在那篇报告里，钱老明确指出：“国防科技情报工作也再不能像以前那样，仅仅是看作一项工作，必须把它考虑为一门科学技术”，科技情报工作不能再重复管理工作缺乏科学技术的失误，“一定要把它看成是一门科学技术。现在要把这门科学搞好，要在我们中华人民共和国建立这一门科学技术。”

1. 关于情报的概念和内涵

钱学森在“科技情报工作的科学技术”详细阐述了情报的相关概念和内涵。

---

* 本节作者徐学文，中国国防科技信息中心研究员，中国运筹学会常务理事、副秘书长，军事运筹学会常务理事，北京大学博士生导师。

① 钱学森．情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响．科技情报工作，1979，7.

② 钱学森．论系统工程．长沙：湖南科学技术出版社，1981，2.

③ 钱学森．科技情报工作的科学技术．国防科技情报工作，1983.

他指出："情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识，要注意它的及时性和针对性这个要求"，而知识是"人认识客观世界的成果"，是"公之于集体的，传之于后代的"精神财富，是"人类所创造的认识客观世界的工具"。在报告中，钱老修正了卡尔·波普尔的三个世界理论，提出认识主体（主观世界），认识对象（客观世界）和认识工具（知识或精神财富）的三元理论，把情报看作"是一种特别的精神财富，是一种特别的知识"。这个特别，就是"要针对某一问题，有及时性针对性的需要"。

由此，按照钱老的思想，情报有如下的定义：情报是激活了、活化了的知识，是针对具体问题的需求，激活所掌握的信息（资料），并以某种载体（媒体）形式，及时向特定用户传递的可理解的知识（以信息的形式出现）。在许多场合，钱老称之为情报信息，这里理解信息为传递知识的形式。情报信息应具有三个基本属性：一是知识；二是要经过传递；三是要解决特定用户需求（产生效益）。因此情报不仅取决于情报源，也取决于情报用户。

钱老总结了科技情报的四项工作，归结为两个情报科学技术的领域。第一个领域是情报技术领域，包括两项内容，一项他称之为"资料学"，就是"收集、翻译，乃至出版工具书这一类工作的科学技术"；第二项是建立情报储存、检索体系的科学技术；第二个领域是情报分析研究领域，实际上"是一个综合的技术，这种综合技术要用系统科学和系统工程的方法。"

2. 情报信息技术领域

在 20 世纪 70 年代，钱老就高瞻远瞩地预见了计算机网络技术的发展前景，指出"收集资料的问题，是一门科学技术，是要好好下工夫研究的"。当时，人们不理解其中的含义，而现在信息组织和信息获取已经成为情报信息技术的两个重要分支。情报信息体系建设、信息构建和计算机网络环境下的信息协同，以及由此产生的搜索引擎技术、数据挖掘技术，已经成为历久不衰的研究热点。随着传感器和数据处理技术的发展，情报信息的载体也从文档资料为主的非结构化信息，向以表达事实为主的结构化信息（往往以数据库的形式出现）和以传感器接收数据为代表的数值型信息扩展。在综合集成的环境下，以模型、方法和软件模块为载体的信息（知识）也加入到情报信息的范畴里来，成为情报信息的新资源。

在"科技情报工作的科学技术"的报告中，钱老强调情报工作要注意计算机技术的发展，要使计算机技术为情报工作所用，要抓存储检索技术，建立我们自己的中文的存储检索体系。钱老指出，应该把建立情报资料信息网当做一项重点建设项目，解决通信线路的问题。从那时起的四分之一世纪中，存储、通信技术发生了天翻地覆的变化，信息网络已经成为日常生活中的必需品。然而，由于信

息量的飞速增长，对存储和检索技术的要求变得越来越高，越来越迫切，产生了像本体（ontology）技术、元数据技术、数据库和数据仓库技术、数据压缩技术、自然语言处理技术、全文检索技术、内容检索技术等，成为一个庞大的学科技术群。

3. 情报分析研究领域

与其他情报学流派的最大不同是，钱老把情报分析研究的科学技术，看做是激活知识、生产情报的科学技术，是情报学的核心内容，把它作为情报学的两个技术领域之一，提到了前所未有的高度，并提出了一系列有关方法论的思想。1989 年，钱学森在原国防科工委情报研究所建所 30 周年纪念日讲话中指出，“这 30 年是在世界范围内信息产业兴起的时期，我们已进入信息社会，信息是新一次产业革命（第五次产业革命）的特征之一，而情报研究又是信息产业的核心，是知识和信息激活过程。所以情报研究是当今产业革命的一项核心工作，它当然也是整个情报科学技术的重要内容”①。

早在 20 世纪 70 年代，钱老就指出，情报研究工作实际上是一个综合的技术。这种综合技术就要用系统科学和系统工程的方法。系统工程方法论的一个重要方面就是将影响复杂系统的诸因素作定量处理（定量化），然后通过研究各因素之间的数量关系，从而找出优化的解决方案。这种思想，被引到情报研究中来，就称为定量情报研究方法。定量情报研究是情报研究的方法发展史上的一个重大跨越，它使情报研究从单一“资料综述—定性判断—得出结论”模式走向“定性与定量相结合”的模式，再到“从定性到定量的综合集成”模式转变。丰富了情报研究的理论方法体系，提高了情报研究的科学性，从而使情报研究能更好地为科学研究、技术开发和科学决策服务。

1983 年，钱老曾经多次到原国防科工委情报所介绍系统分析方法，举办系统学讨论班，推广系统工程，用定性和定量相结合的办法解决问题。提出情报研究要首先把搜集来的这一些数据，经过系统分析，摸清它的趋向性的、定性性的一些东西。在这个基础上，用“系统辨识”方法搞清楚系统本身的结构，再把那些数据综合在一起，建立模型，开展定量分析。这一思想，后来发展成为“从定性到定量综合集成法”，实际是综合集成定性认识达到对整体的定量认识，是综合集成工程②。

4. 情报学在钱学森科学体系中的地位

钱学森把现代科学体系划分为十个部门：自然科学、社会科学、数学科学、

① 钱学森. 21 世纪的国防科技情报研究. 情报科学技术，1989，3.

② 钱学森给戴汝为的信//王寿云，等. 开放的复杂巨系统. 杭州：浙江科技出版社，1996：270.

系统科学、思维科学、行为科学、人体科学、地理科学、军事科学和文艺理论科学，又把科学分为三个阶层，基础科学、技术科学和工程技术。他指出："科学方法是现代科学技术研究的一个大课题，情报学和科学方法论属于思维科学的技术科学阶层"。"情报资料库的建立，更新充实，高速而准确的检索、提取、复制，已经发展成一门极为重要的工程技术，没有它将无法利用今天极为繁多的情报、书刊、资料，将来更是如此"①。

因此，情报学属于技术科学层次，它的后一层次后来发展成为情报信息系统工程，而它的基础科学层次则包括认知科学。

在军事科学中，军事情报学是在一级学科军队指挥学下的二级学科，由传统军事情报学和服务于武器装备建设的国防科技情报学两部分组成。从钱老对情报科学技术的描述看，其学科领域划分、基本理论、方法和研究过程均适用于军事情报学，所不同的是为特定的完成军事任务的需求来激活知识，由于信息优势是决定战争胜负的关键因素，比起一般情报来，军事情报信息的服务性和针对性更强，对情报信息的可靠性、置信度时效性要求更高。

第五次产业革命带来了新的军事技术和军事思想，现代战争形态产生了革命性的变化，成为信息化条件下的一体化高技术战争。军事情报信息从内涵和外延都有了根本性的变化。军事情报信息的获取渠道大大拓展，信息量爆炸式增长，处理（知识激活）和传递时间要求实时或半实时，以及更高的情报信息可靠性、协同性和安全保密要求等。

随着全球侦察监视能力和远程精确打击能力的迅速提高，技术数据信息（用高科技手段获取的数字化信息）越来越多加入到传统侦察手段获取的情报信息中来，侦察的范围、时效性和准确度空间提高，成为军事情报信息的主要内容。与此同时，对情报信息的组织、处理和分发提出了革命性的要求。需要在新的技术条件下谋划情报信息获取手段的部署、多渠道信息的组织、海量数据的挖掘和处理、系统辨识和情报综合。这些需求，提出了建立在计算机网络环境下和指挥自动化系统一体的军事情报信息体系的问题，促进了军事情报学理论和方法的扩展。钱老的开放的复杂巨系统的思想在这里得到了具体的体现。

二、军事情报信息体系

在钱学森科学体系和科学思想的发展成长过程中，正值第五次产业革命的兴起，在钱老看来，电子信息技术促进了劳动资料信息属性的发展，劳动资料信息属性在生产中占主导地位，标志着现代社会进入信息化时代，信息属性的增长，

① 钱学森. 关于思维科学. 上海：上海人民出版社，1986.

是第五次产业革命的历史特征[①]。许多都是与信息和信息系统密不可分的。因此，钱老高度关注情报信息技术，认为信息网络建设是第五次产业革命的先声。信息网络是把信息供给和信息需求在技术上连接起来的信息通路，信息网络（包括信息资源）加用户，就构成了一个开放的复杂巨系统。

1. 情报信息体系

信息时代的特征是信息流对物质流、能量流的控制和管理能力的增强[②]。研究信息流的本质及其演化规律是情报信息研究的核心内容，情报信息技术领域研究信息从产生到使用的信息流的全过程——情报信息需求、获取、表达、存储、处理、分析综合和分发。

在社会系统中，物质、能量和信息及其流动是三种最基本的形式。信息革命的出现，是在信息资源开发及其流动方式上的重大变革[③]。信息的产生、汇集、传输的效率以前所未有的速度增加，信息交流的时空差缩短到接近于零。在信息技术的支持下，通过各种信息载体，信息把包含在社会系统中的各个系统联成为一个整体，把人类社会和自然世界连接成为一个整体。所有的复杂社会系统中都包含大量的互相联系、互相影响和互相制约的信息，信息也影响着所有的社会系统和人们对自然界的认识和开发。在信息把众多系统联结成为体系的同时，信息本身也构成了体系。

信息体系的属性是：

① 无处不在和无时不有，它广泛存在于所有其他系统（体系）之中。

② 多渠道产生。情报信息是从其他系统（体系）的发展过程中不断产生的，并且对其自身和关联系统产生持续的影响。

③ 多方面应用。为各种外部系统所使用。

④ 不对称性。信息的生产和信息的使用都呈现一对多和多对一的结构。

⑤ 非物质性。信息的无限可复制性，带来的社会和经济问题。

⑥ 信息重复生产浪费资源且产生负面效应。

⑦ 情报信息系统对其他系统的非线性影响，信息的积累流动会产生“涌现”现象。

信息化时代使信息本身出现了根本性的改变，信息的动态性使信息系统向可变数据结构的方向发展，信息的不确定性迫使我们从整体的观点把握问题的实质，信息的不对称性使信息组织和分发成为极具挑战性的问题。信息的无限可复

---

① 王寿云，等．开放的复杂巨系统．杭州：浙江科技出版社，1996：5.

② 汪成为．初探信息工程中的面向对象的技术．系统研究，1996：157.

③ 王寿云，等．开放的复杂巨系统．杭州：浙江科技出版社，1996：7，8.

制性和网络的不可控性出现了利用信息的“涌现”现象进行攻击，甚至使信息本身成为武器。

2. 军事情报信息体系

国防信息体系是一个很宽泛的概念，可以包含一切与国家国防建设和运作有关的信息体系，涉及国家的外交战略、防务政策、军事战略、国防发展战略、兵力规划、兵力运用和作战指挥各方面（如国防基础设施建设、国防教育和动员、战略战术和武器装备建设等）的诸多问题。在国防信息体系中，与作战有关的信息（如敌我态势信息、军事目标信息、战场环境信息、武器装备性能效能信息）或者是相应的武器装备体系的组成部分，或者是装备运用的先决条件，或者是联系各武器系统，形成联合作战能力的关键要素；是针对特定的军事需求激活了的知识，因此称为军事情报信息，其总和构成的军事信息体系。军事情报信息系统是人机结合的包括手工和自动处理程序的能够及时、有效地获取、处理、分析、分发和显示的系统。

军事情报信息体系主要由组织机构体系、信息获取体系、信息处理体系、信息交互和分发体系、信息防护体系构成（图 12-5-1）。

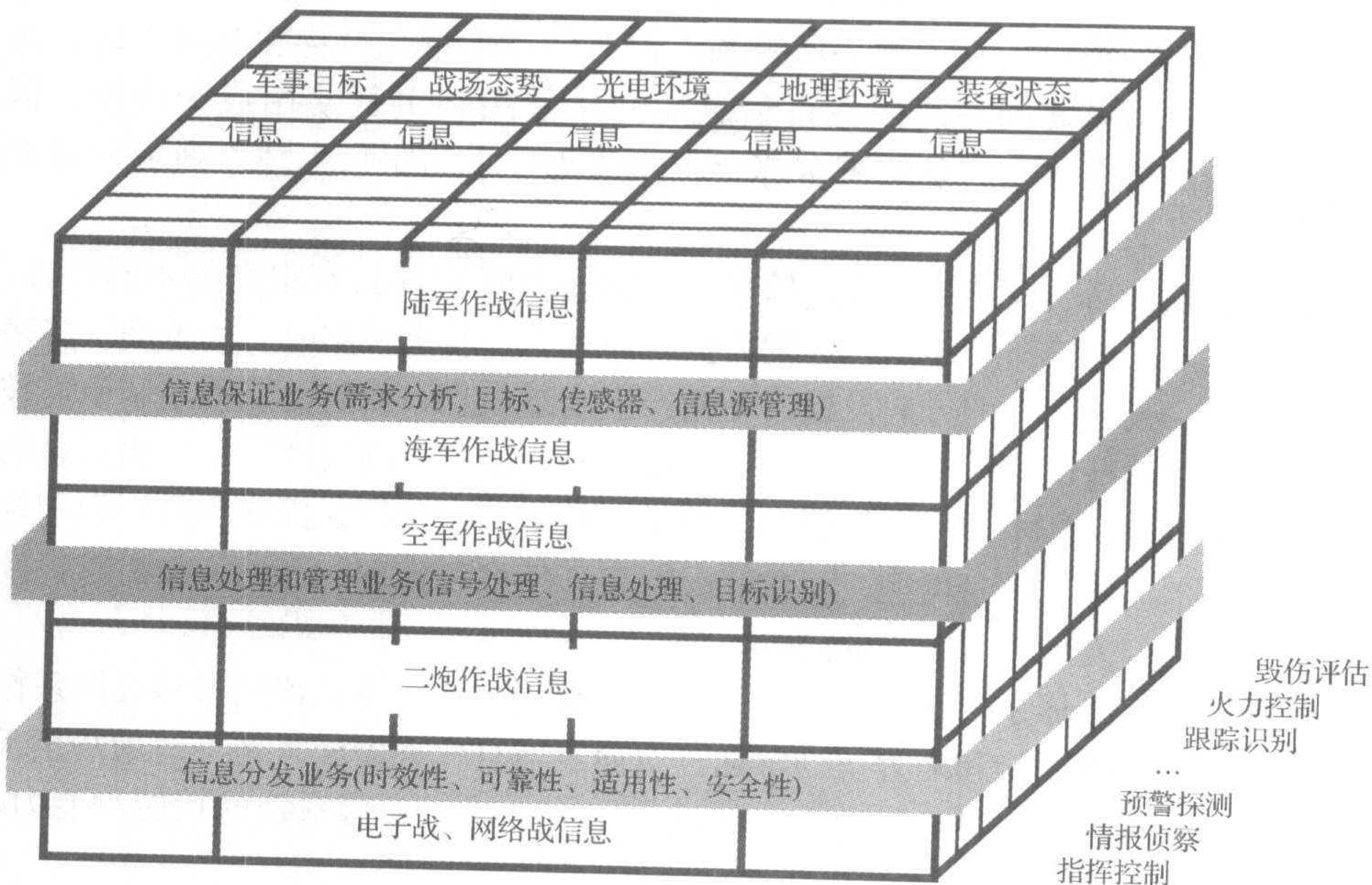


图 12-5-1　军事情报信息体系

海湾战争以来的多次局部战争充分证明，武器装备体系是信息化战争时代武器装备的基本作战使用形态，部队作战能力只能由武器装备体系提供。没有信息化作战体系，孤立的武器装备再先进也难以有效发挥作用。武器装备体系和指挥控制体系是军事系统的二大要素，是信息化战争的技术特征。信息通过计算机、通信和网络技术，实现了各类武器系统和决策、指挥系统的紧耦合，形成了能面向特定使命任务的武器装备体系，涌现出前所未有的快速反应和精确打击的能力。军事情报信息体系存在于各类军事体系之中又超越于军事系统之上，与各军兵种武器装备体系互相交叉、渗透是实现信息化条件下一体化联合作战的关键元素，是现代战争作战能力的倍增器。信息是信息化作战体系的基础，离开情报信息体系的支持，就形成不了体系作战的能力。

各种军事活动不断产生情报信息需求。例如，在精确制导武器装备的论证过程中，需要根据武器装备所面对的敌方武器装备的目标特性信息，确定武器装备的主要技术指标。在新装备研制过程中，需要使用目标与环境特性的信息进行仿真模拟和演示验证，在新装备的使用训练中，需要训练对目标的识别跟踪和事后评估的信息。在实施作战过程中，各种关于战场环境、敌我态势和作战效果的信息更是指挥控制的关键要素。

各种军事活动产生的情报信息需求，需要通过包括从理论研究、实验研究、演习实验甚至对敌观测等手段得到，需要消耗大量人财物和时间资源；另一方面，各种需求之间的共性使得信息的共享使用和重复使用成为可能。因此，从体系的角度研究信息的需求综合技术成为军事情报信息体系研究的重要内容。

在信息技术高度发达的今天，信息的来源及其真实性具有很大的不确定性。信息的获取随着传感器和运载技术的进步，向远程、动态、实时、大范围、多谱段、高精度、高分辨率的方向发展，不断产生巨量信息，而隐身、伪装和诱饵技术的进步又使这些巨量信息充满了不确定性。研究这些不确定性，衍生出信息的校核、验证和确认技术，信息挖掘和信息融合技术，以及特征提取和目标识别技术；不同武器系统对信息类型、形式、分辨率、精度和处理能力的特殊需求，产生了信息的再开发和按需分发的问题。

军事情报信息体系可以作为武器装备系统的倍增器，使武器装备形成体系作战能力，使系统的功能和能力得到增强。然而，信息化武器装备在不适用甚至不正确的信息支持下，也可以作为系统的反作用力，减弱武器系统的功能和能力，甚至使系统崩溃。

所有这些，使我们不得不以体系的观点来审视军事情报信息。研究军事情报信息体系的设计、结构优化、信息资源组织、信息分析和处理、信息校核、验证和确认，信息应用和分发等问题。这就形成了军事情报信息体系研究的主要内

容，即研究信息的需求——有多少信息才是足够的，研究信息的组织——信息在哪里，如何集成，研究信息可用性——信息的真伪，是否适合，研究信息的分发——谁要，给谁，给什么信息，研究信息的安全——不给谁，如何做到。

简言之，就是要研究如何实现“在正确的地点、合适的时间，从正确的来源，以安全的方式和用户能够理解、可靠使用的形式提供准确的信息，从而使用户可以有效地完成他们的任务。”

3. 军事情报信息体系的开发

在现代高技术战争条件下，军事情报信息的形式和内容有了根本性的变化。从以单一文本形式出现的情报信息，扩展到以数据库形式存储的事实型信息（如武器装备体系的组成及其性能指标信息）。传感器技术的发展，大大扩展了情报信息的获取途径，使得以各种技术手段获取的数值型信息（如通过理论和实验研究得到军用目标的光、电、声特征信息，通过各类传感器获取的军事目标和战场环境的特性信息）成为军事情报信息的新成员。表达某种专门知识，以计算机软件（模块）形式出现的信息（如各种可以嵌入信息化武器装备中的数据处理和目标识别软件）大量应用，成为军事情报信息的重要组成部分。信息获取渠道和应用方向也越来越多样化，来自于陆、海、空、天的侦察监视系统，来自于武器装备全寿命周期的各个阶段，来自于各种与武器装备体系相关的各种系统和体系，应用于指挥控制体系的各个环节，应用于一体化联合作战中的各类武器装备体系，应用于武器装备的论证、研制、试验的各个环节。

在信息化战争中，军事情报信息是支持军事活动的关键性软装备，战场上实时获取的信息必须和预知信息和先验知识结合，才能有效地发现、识别目标，作出正确的作战行动决策，设定火控系统的动态参数和程序，准确地跟踪和打击目标，对毁伤效果进行评估。因此，在提供武器装备系统的同时，还要提供关于它所对抗的军事目标的信息、战场环境影响对装备使用影响的信息以及最佳的战术运用的控制程序等。一体化联合作战对指挥控制系统和作战指挥提出了更高的要求，要掌控包括海、陆、空、天大范围的作战空间，要抓住以分、秒计的稍纵即逝的战机，要协调各军兵种的作战行动，都离不开充分、准确、及时、用户可理解的军事情报信息支持。所有这些对军事情报信息体系的设计和开发提出了更高的要求。

军事情报信息体系开发需要研究的问题包括：

1）体系设计和优化问题

① 需求和需求综合。

② 信息生产中的费效比分析。

③ 信息资源的合理配置和利用。

2）信息体系构建问题

① 概念的规范化表达——Ontology。

② 统一的标准和规范——适应信息的演化机制。

③ 构建的技术环境——以信息理解为中心的处理技术。

3）信息资源的建设问题

① 信息资源建设的模式。

② 集中管理和分布存储。

③ 信息资源的评价机制。

4）信息处理和情报分析技术

① 信息辨识和确认技术。

② 信息组织和封装技术。

③ 信息理解和再表达技术。

5）信息体系的运行管理问题

① 面向各类用户的信息服务。

② 信息安全和共享的矛盾。

③ 信息分发的管理。

4. 军事情报信息体系需求生成

军事情报信息体系的军事需求本质上来自战胜敌人（含不战而屈人之兵）对情报和信息的要求。在武器装备从机械化向信息化发展的时代，这种要求从传统指挥控制和作战行动对信息的要求扩展到武器装备建设的领域，扩展到信息化时代特有的作战样式信息战和网络战的领域。

军事情报信息需求需要考虑的问题包括：现代战争需要哪些信息；装备建设需要哪些信息；哪些信息是必要的；怎样的信息才是有效的；多少信息才是充分的；对信息及时性、有效性、可靠性、适用性的要求。

一般武器装备体系需求研究。遵循国防（军事）需求研究——作战样式研究——作战能力需求研究——武器装备能力需求——武器装备体系需求的途径。军事情报信息体系需求可以有多个途径（视角）去考虑需求问题、空间视图、时间视图、用户视图和功能视图。空间视图从对态势、军事目标和战场环境的及时掌握的要求考虑对信息的需求。时间视图从三个阶段考虑需求，在战争准备阶段，需求主要表现为对敌、我、友三方信息的了解，如对对手武器装备体系组成、编制体制、兵力部署的理解，这个阶段通过各种情报侦察手段进行信息积累。在作战行动阶段，重点是对当前战场的动态信息的需求，包括对敌的发现、跟踪、识别信息需求和我方的协同、指挥、控制的信息需求。作战行动后，需要毁伤评估和效果分析信息。

用户视图和功能视图是我们重点考虑的两个视角。

从用户的视角看，应从装备建设需求（包括平时和战时对电子信息武器装备的需求）、作战需求（遂行作战行动时对电子信息装备的需求）以及进行信息对抗（包括平时和战时）来分解。如图 12-5-2 所示。

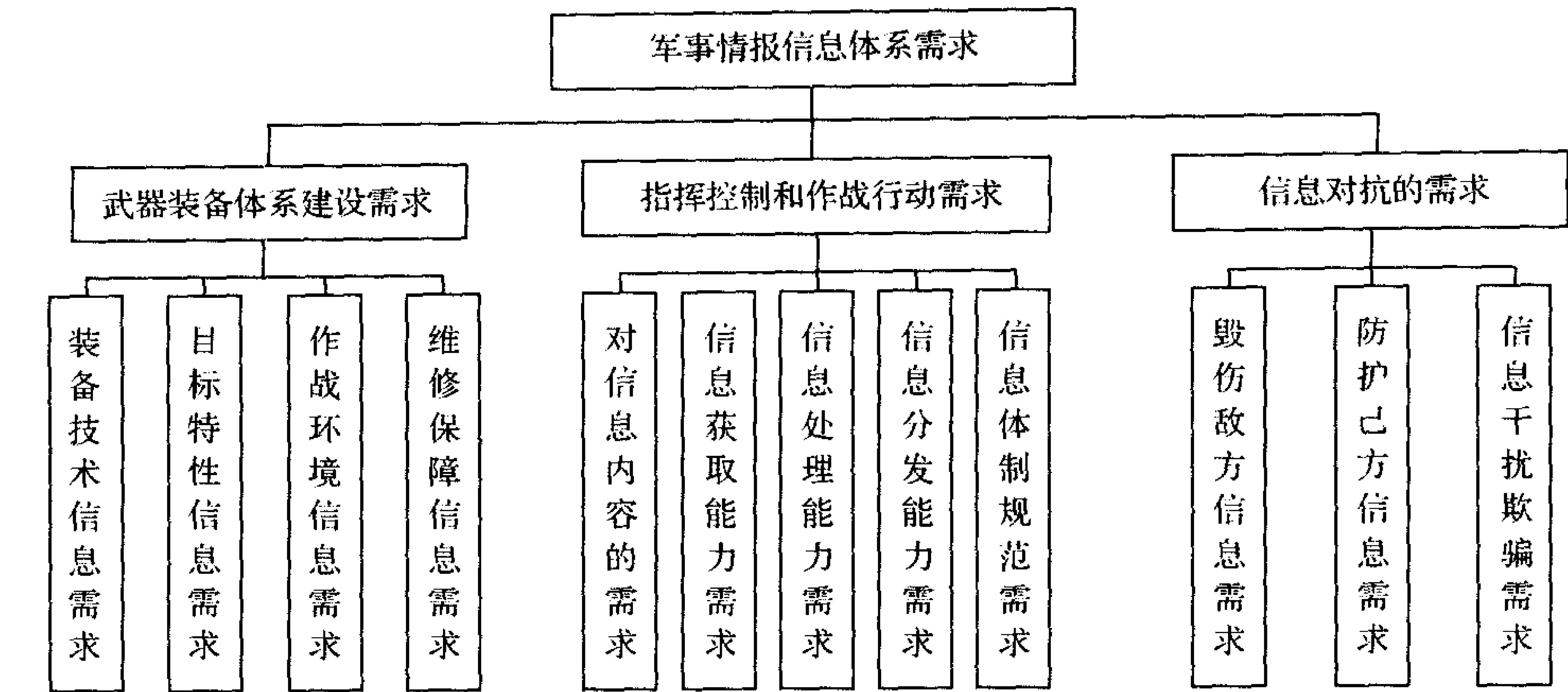


图 12-5-2　军事情报信息体系需求的用户视图

指挥控制和作战行动的需求的核心是对为赢得胜利所要求的信息内容。这些信息包括指挥控制所需要的情报信息、开展作战行动所需要的信息，如敌情、友情、我情信息、战场环境信息、作战效果信息等。在一体化联合作战的环境下，这些信息越来越多地要靠各种地、海、空、天基的电子信息装备来获取。因此，需要什么样的信息，有多少信息才是充分的，是电子信息系统需求研究的基本出发点。确定了作战对信息的需求以后，要研究作战对信息获取的需求，即如何获取足够的能克敌制胜的信息。这包括敌我友各方的信息，由此产生对各种信息获取设备（如侦察卫星、预警机、地基和舰载雷达设备等）的需求。这类需求解决如何获取数据的问题。

从功能的视角看，军事情报信息体系需求可以分为对信息获取能力的需求，信息处理能力的需求，信息分发能力的需求。如图 12-5-3 所示。

从对信息内容的需求看，战场实时信息的收集依赖于各种天基、空基、陆基、海基的侦察、跟踪和监视系统，如侦察卫星、预警机、地基超视距雷达等。此外，有些信息是平时多渠道收集的，如外军武器装备和编制体制信息；有些信息是需要通过科学技术手段事先获取的，如军事目标的光、电特性信息；有些信息是通过平时技术侦察和监视积累的；有些信息是由地方相关结构研究、收集和积累的，如地理信息和气象信息。需求分析应综合各方面对信息内容的需求，提出满足这些需求的途径，由此产生对信息获取装备的需求。

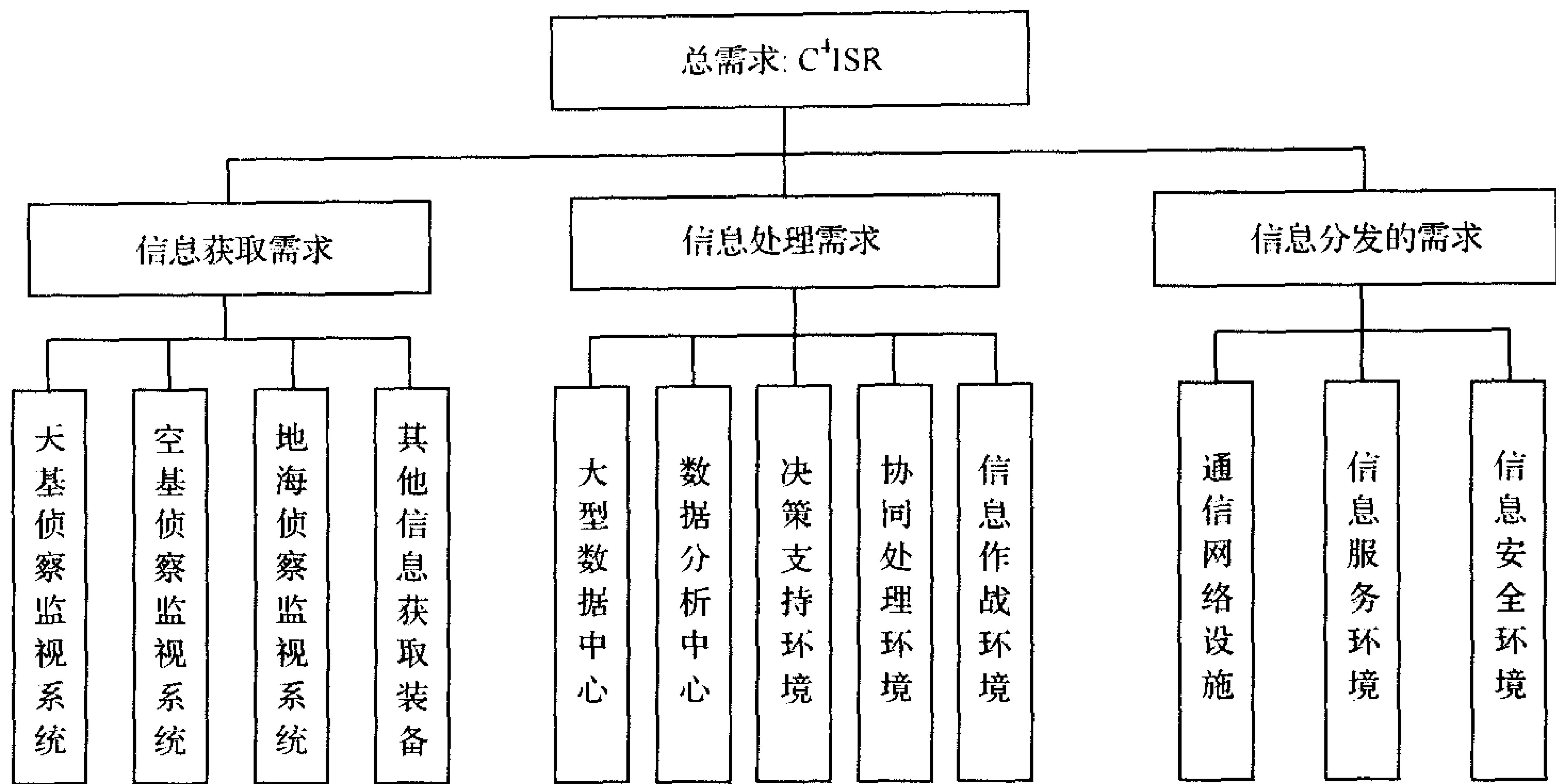


图 12-5-3 情报信息体系需求的功能视图

现代高技术战争将建立在巨量数据获取的基础之上，对巨量数据开发利用产生了对信息处理的需求，这些需求解决信息的可用性问题，包括对信息的真实性、可靠性、分辨率、精度和可理解性需求。因此，包括海量信息资源的数据库系统、超级计算机中心、先进数据分析中心在内的数据处理装备应该是电子信息武器装备体系的基础设施。在此基础设施上建立的各种大大小小的决策支持系统和系统信息处理环境形成对战场指挥控制系统的有力支撑。信息处理装备的基础技术环境是军民兼容的，可以充分利用地方的技术、产品和集成能力；信息处理的大量工作是可以在战前准备的。这在考虑对信息处理装备的处理能力需求时，应予以关注，一个很好的需求分析能大大改善体系的性价比。

信息分发为用户提供及时、充分、适用的信息。信息的跨部门、跨军兵种、甚至跨越军队和地方的特点，产生对信息体制、信息安全、信息控制、信息反馈、信息时效、信息理解等具体需求。包括对信息描述标准、互联互通互操作要求、信息的粒度、精度、置信度等需求。这些需求是全局性的，影响到信息获取设备的性能要求、数量要求和部署要求，影响到信息处理设备的信息处理速度、处理粒度和处理精度和要求，影响到信息传输设备的连通性、可靠性和速度要求。网络安全和信息安全是信息分发的保障，需求分析中需要重点考虑。

信息对抗作战是信息化战争中出现的新的作战样式，这是一类特殊的在电子信息武器装备之间的对抗形式。信息作战的军事需求包括对对手信息能力的毁伤，对我方信息能力的防护的需求。信息欺骗、信息干扰和网络攻防是实现这些军事需求的重要手段。

情报信息体系需求生成过程如图 12-5-4 所示。

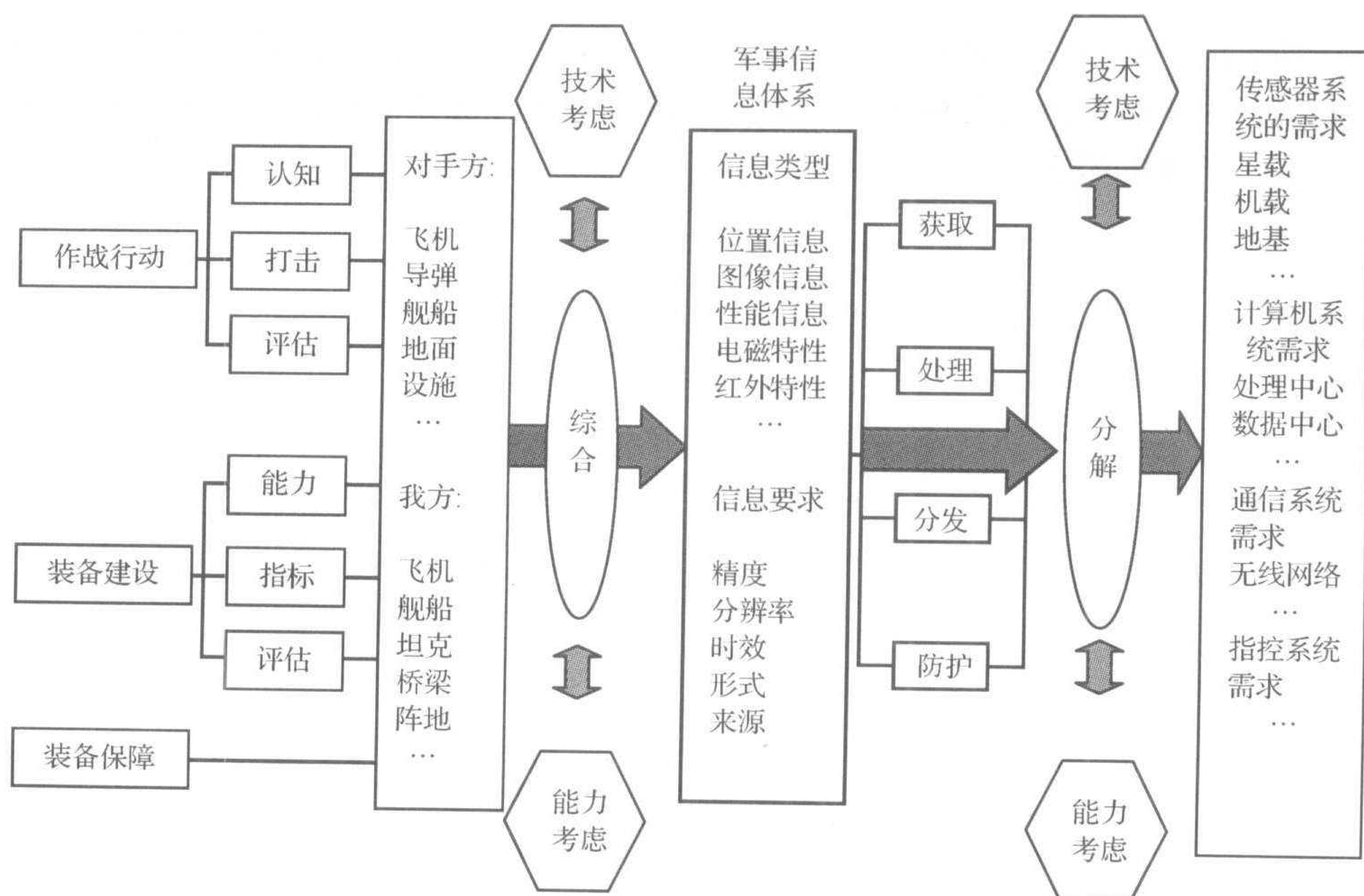


图 12-5-4　情报信息体系需求生成过程

从系统的角度看，军事情报信息包括三大方面。除了作战需要的情报信息外，武器装备建设和保障所涉及的各种科学技术信息在战争准备和作战过程中发挥着越来越重要的作用。这些科学技术信息又越来越与作战信息相互交叉，例如对手方武器装备的电磁特性是设计相应对抗装备的性能要求的依据，优势作战时发现和辨识的依据。随着武器装备技术含量的增长，装备保障越来越依赖于装备建设中产生的技术信息。

作战行动对情报信息需求，可以从认知、打击和毁伤评估三个方面分析需求。认知包括对战场环境和对方作战行动的认知，主要通过预警系统、各种实时侦察监视系统获取，也需要战前积累对手的装备特征信息。武器装备建设的信息主要包括潜在对手的装备能力和特征信息，以及可能的作战环境对装备能力影响的信息，用来论证、设计、研制和试验相应的对抗装备。装备保障的技术信息零部件信息需要在研制和后勤行动中积累相应的信息。这些信息按对象类型（如战场环境、武器系统）综合起来加以综合，得到对各类信息的总的需求。

把总需求按信息类型和对信息的精度、分辨率、时效等要求进一步分析综合，得出对相应的信息获取装备、信息存储和数据分析系统以及信息分发网络的

需求，再分解为具体的对各类侦察监视系、数据中心、通信系统和信息网络的需求。

钱老的系统科学思想和情报科学思想为军事情报信息体系的设计提供了一个很好的方法学层面上的解决途径，而这些途径的实现和发展则需要一代一代情报工作者们不懈的努力。

后　　记

在编纂《钱学森现代军事科学思想》的过程中，《钱学森科学技术思想研究丛书》编委会多次研究了本书的框架结构、主要内容。书稿编出后，编委会又组织了评审，提出了宝贵的修改意见。

钱学森之子钱永刚教授对本书的编纂十分关心，并提供了相关的文献资料。

钱学森办公室为我们提供了钱学森相关军事科学书信手稿的复印件。

一些曾在钱学森身边工作过的同志，或在工作中与钱老有过交往、受其教诲的同志，有的尽管退休多年，年事已高，不仅亲自撰稿，并且主动提供有关资料和信息。

军事科学院办公室丁国瑞秘书对资料收集、书稿打印、校对、初步编排以及相关作者联系等方面，做了大量工作。

科学出版社的王志欣和魏英杰同志及相关同志，为本书乃至丛书的顺利出版付出了辛勤的劳动。

在本书付印出版之际，在此一并表示衷心的感谢！

编　者

2010 年 12 月于军事科学院